

Bonjour. (diapos 1)

Passionné de robotique il était intéressant pour moi de lier ce domaine au thème de cette année : Préviation. J'ai donc décidé de concevoir un robot autonome mobile régulé en distance et de prévoir son fonctionnement. Le robot ainsi conçu devait être capable de longer un mur à distance constante. Le modèle prévisionnel devait être capable de prévoir la trajectoire en fonction du positionnement initial du robot et du profil de mur rencontré : mur droit, coin de mur, mur présentant une ouverture : creux.

Mon travail sera présenté ainsi :

Présentation du cahier des charges

Présentation des solutions technologiques mises en œuvre pour la conception du système

Modélisation du système

Comparaisons entre le réel et les résultats prévisionnels

Pour la petite histoire, c'est la découverte des « Mousebots » : les robots se déplaçant dans des labyrinthes pour en trouver la sortie qui m'a donné cette idée.

Le cahier des charges (diapos 2)

La fonction principale étant un asservissement on a spécifié des critères de rapidité stabilité précision sans imposer de précision stabilité absolue.

Cependant une contrainte stricte spécifiant le fonctionnement pour des variations possibles de  $\pm 90^\circ$  du battement des murs a été imposée.

La chaîne fonctionnelle retenue : (diapos 3)

Pour la chaîne d'énergie :

Je me suis imposé de réutiliser un châssis de voiture téléguidé comprenant 2 moteurs et le système de réduction, entraînant indépendamment les deux roues directrices, droite et gauche.

C'est donc en contrôlant leur vitesse qu'on peut agir sur la trajectoire du robot.

Pour la distribution j'ai donc choisi d'implémenter deux hacheurs contrôlés par la partie commande, qui permettront d'agir sur les vitesses de rotation des moteurs et donc des roues.

Pour la chaîne d'information un seul télémètre infrarouge mesurant une distance mobile-mur est utilisé. Des potentiomètres servent à récupérer les consignes de l'utilisateur. Les consignes car : 2 consignes.

Une consigne spécifiant à quelle distance le robot doit longer le mur, une consigne spécifiant sa vitesse moyenne.

Pour le traitement et la communication : c'est un montage à base d'amplificateurs opérationnels

Voici le circuit total : (diapos 4)

On va l'expliquer en le décomposant par blocs :

Que voit-on ? Tout d'abord : une consigne en entrée en volt obtenue ici : potentiomètre + suiveur

La sortie : la distance robot-mur en m et une boucle retour la convertissant en volt : capteur + filtre passe bas + gain

Un bloc comparateur qui fait la différence entre la consigne et l'image de la sortie en volt et qui donne epsilon obtenue par un soustracteur simple ici

Maintenant ça se complique on voit un soustracteur un additionneur et la deuxième consigne  $U_0$

En regardant ces blocs On voit que la vitesse du moteur droit est donc proportionnelle à  $U_0 + \text{epsilon}$ . De même la vitesse du moteur gauche est proportionnelle à  $U_0 - \text{epsilon}$ .

Ainsi si epsilon est nul la vitesse des deux moteurs est égale et le robot va tout droit.

Si Epsilon différent de 0 le robot tourne de manière à faire tendre epsilon vers 0 en se rapprochant ou en s'éloignant du mur en fonction du besoin.

Ici : cas d'un capteur à droite du robot et  $\text{epsilon} > 0$  quand on est trop près du mur.

Modélisation : (diapos 5)

On voit ici le robot vu de dessus.

Liaisons étant supposées parfaites, l'inertie négligée, ceci revient à assimiler le robot à une paire de roue.

On connaît la position et l'orientation de départ ainsi que l'équation du mur on détermine la distance mesurée par le capteur orienté à 45° par rapport à la direction du robot.

On connaît  $d$  et  $U_{cons}$  on peut déterminer  $\epsilon$  et comme on connaît  $U_0$  on peut déterminer la vitesse de rotation des moteurs droit et gauche on en déduit la vitesse de points RD et RG centre des roues droite et gauches de forme  $K(U_0 + \epsilon)$  et  $K(U_0 - \epsilon)$ .

Donc on en déduit la vitesse du point G et on remarque au passage que cette vitesse est  $K(U_0)$  indépendante de  $\epsilon$ .

En connaissant la vitesse du point G et la vitesse du centre d'une des roues on détermine  $\theta$  point.

En connaissant la vitesse du point G et  $\theta$  point on détermine  $dx_g$   $dy_g$  et  $d\theta$  en multipliant par un petit élément de temps en les ajoutant à  $x_g$   $y_g$  et  $\theta$  on obtient le point suivant. En procédant ainsi par récurrence on trace sur Excel la trajectoire prévisionnelle du robot point par point suivant la méthode d'Euler.

Résultat expérimentaux (diapos 6)

Pour une consigne de distance équivalente à 34cm.

On a placé une feuille sur le sol fixé un feutre sous le robot et on a tracé les trajectoires obtenues dans les différents cas. Voici ce que ça donne.

Réponse à un échelon, mur réponse à un coin réponse à un creux

On voit entre autre que le système crée fonctionne très bien et qu'il est stable et l'erreur est nulle.

On a exporté ces courbes sur Excel pour les comparer à nos prévisions et voilà ce que ça donne :

1<sup>er</sup> cas pas de 1 seconde pour la méthode d'Euler. Mise en évidence du défaut de cette méthode : la fonction réelle varie plus vite que la fonction approximée cependant la boucle retour introduite dans la modélisation permet de corriger plus ou moins bien le défaut et dans les deux cas l'erreur est nulle

2<sup>ème</sup> cas : pas de 0.5 secondes défaut de la méthode d'Euler ( plus faible ) puis mise en évidence flagrante de la non prise en compte de saturations. Le modèle réagit plus violemment que le réel lorsqu'il se rapproche trop du mur alors que le réel est en régime saturé : il ne peut pas réagir plus vite ! Cependant là aussi la boucle retour permet de corriger plus ou moins bien le défaut.

3<sup>ème</sup> cas : pas de 0.05 secondes, et prise en compte de la saturation.

Comme on peut le voir c'est très concluant ! Il reste un tout petit écart on peut se demander si il n'est pas dû à l'inertie négligée. Le résultat s'est montré tout aussi concluant avec les mêmes paramètres pour les réponses à un échelon et à un coin.

### Conclusion

On a créé un système répondant au cahier des charges, on a même une stabilité absolue.

Le modèle prévisionnel rapide est performant avec le pas de calcul adapté et en prenant en compte certaines saturations.

Donc de ce point de vue là c'est un franc succès !

Néanmoins : il y a plus de 1000 lignes de calculs pour aboutir à un modèle aussi performant.

De plus le réglage pour un fonctionnement optimal est délicat : on ne peut pas choisir comme on veut la vitesse, l'inclinaison du capteur par rapport à la direction du robot, la distance consigne et autres gains de la partie commande...

La non linéarité du capteur induit une dissymétrie de la réponse quant au rapprochement ou à l'éloignement du mur ainsi qu'un risque de mal fonctionnement si le robot s'approche trop près du mur.

Améliorations possibles : correctifs non linéaires, remplacement du type de capteur, ajout de capteurs...

Bilan : Ce TIPE m'a permis de développer mes compétences managériales, ma créativité et mon ingéniosité afin de résoudre tous les problèmes que nous avons croisés sur notre chemin afin d'aboutir à un système innovant et fonctionnel. J'ai pu également entrevoir le métier de concepteur et confirmer mes intentions professionnelles dans ce domaine.