Commande par ordinateur

Antoine Lavail – Robin Vivant

SI4 - SAR

01/05/2014

Équations du processus

Nous choisissons comme référentiel le dude, qui est le personnage que l'utilisateur contrôle dans notre application. Il possède quatre réacteurs, qui lui permet de se déplacer dans quatre directions : haut, bas, gauche et droite.

Equations différentielles

- M = masse $_{dude}$ + masse $_{carburant}$ est la masse totale du dude.
- masse $_{dude}$ = 50kg et masse $_{carburant}$ = 1000kg.

Cependant, le dude évolue dans un univers parallèle où la technique et la technologie sont bien plus avancées que dans notre monde. Un système révolutionnaire lui permet de ne pas être dépendant du poids du carburant. Il n'y a donc que sa masse corporelle à prendre en compte dans nos équations, soit M = masse $_{dude}$

- G_{Terre} = 9.8 m/s^2 est l'accélération de la pesanteur terrestre.
- Une force, la pesanteur terrestre, est appliquée au dude : $\overrightarrow{f} = \overrightarrow{J} \times M \times G_{Terre}$

On souhaite maintenant exprimer le principe de propulsion du dude : entre un instant t et un instant t+1, un réacteur éjecte une masse de carburant à une certaine vitesse, relativement au dude et dans une direction quelconque.

- Vitesse d'éjection des réacteurs : $V_{Éjection}$ = 45 ms^{-1}
- On en déduit le coefficient de poussée des réacteurs du dude : $\varepsilon = \frac{V_{Ejection}}{M} = 0{,}9 ms^{-1}kg^{-1}$
- Soit a_x et a_y les débits de carburants admis dans les réacteurs verticaux et horizontaux.

Équations différentielles du dude :

$$\boxed{\begin{aligned} \ddot{x} &= a_x \times \varepsilon \\ \ddot{y} &= a_y \times \varepsilon - G_{Terre} \end{aligned}}$$

THE FLYING DUDE

Forme de commande et équations discrétisées

Si l'on traduit les équations différentielles du dude sous la forme de commande de la représentation d'état, on obtient :

$$\dot{X} = \begin{pmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \\ \dot{y} \\ \ddot{y} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} x \\ \dot{x} \\ y \\ \dot{y} \end{pmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \varepsilon & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} a_x \\ \dfrac{a_y - G_{Terre}}{\varepsilon} \end{pmatrix}$$

On discrétise les équations horizontales et verticales du dude.

- En x : $X_{n+1} = A \times X_n + B \times a_{xn}$
- En y : $X_{n+1} = A \times X_n + B \times U_n$

Valeur des paramètres :

$$X_n = \begin{pmatrix} x_n \\ \dot{x_n} \\ y_n \\ \dot{y_n} \end{pmatrix} \quad A = \begin{pmatrix} 1 & \Delta & 0 & 0 \\ 0 & 1-\Delta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \Delta \\ 0 & 0 & 0 & 1-\Delta \end{pmatrix} \qquad B = \begin{pmatrix} \frac{\varepsilon \times {T_e}^2}{2} & 0 \\ \varepsilon \times T_e & 0 \\ 0 & \frac{\varepsilon \times {T_e}^2}{2} \\ 0 & \varepsilon \times T_e \end{pmatrix}$$

$$U_n = \begin{pmatrix} a_{xn} \\ a_{yn} - {G_{Terre}}/{\varepsilon} \end{pmatrix} \; T_e \; est \; la \; période \; d'échantillonnage.$$

$$\Delta \; correspond \; aux \; forces \; de \; frottement \; agissant \; sur \; le \; dude. \Delta \approx 0.04$$

Loi de commande implémentée

Nous avons choisi d'implémenter dans notre application la loi de commande en boucle ouverte et à horizon fini, à partir de l'équation d'état définie précédemment.

Les calculs matriciels ont été réalisés grâce à la librairie Sylvester, codée en JavaScript. Voici l'obtention de la matrice de gouvernabilité G, avec Ad et Bd qui correspondent aux matrices A et B vu plus haut :

```
// Calcul de la matrice de gouvernabilité G
var G = this.Bd;
for (var n = 1; n < this.h; n++ ) {
    var tmpAd = this.power(this.Ad,n);
    G = tmpAd.multiply(this.Bd).augment(G);
}

if (G.rank() < this.Ad.rows()) {
    console.log("Erreur : Pas de solutions");
}
```

La fin du calcul de la commande en boucle ouverte nous permet d'obtenir un vecteur uCom. Ce vecteur possède les accélérations que le dude va devoir réalisé pendant le nombre de périodes définies.

uCom est donc exploité à chaque Te, pour obtenir l'accélération du dude au temps t, et pour obtenir sa position.

Comment utiliser le projet

Tout d'abord il faut se rendre sur l'adresse : http://flyingdudes.polytech.meteor.com, et cliquer sur « Jouer ».

Le dude se lance dès le lancement du jeu, il faut donc donner une accélération vers le haut pour éviter de crasher le dude ! Le but est de récupérer les six quilles disséminées dans le niveau, en utilisant le moins possible de carburant.

En appuyant sur la touche A, l'utilisateur déclenche le mode automatique, qui utilise la loi de commande en boucle ouverte, et le dude va récupérer automatiquement le six quilles de manière optimale.

Si l'utilisateur appuie sur la touche R, l'animation est relancée et l'utilisateur peut recommencé. Il faut utiliser les flèches Haut, Gauche et Droite pour utiliser les commandes manuelles, et déclencher les réacteurs du dude.

Développement de l'animation

L'animation a été réalisée dans le langage JavaScript, en utilisant la librairie Phaser. Phaser fournit le moteur physique nécessaire à afficher l'animation à l'utilisateur.

Il nous est également nécessaire d'utiliser la librairie Sylvester qui nous permet d'effectuer des calculs sur des matrices et des vecteurs.