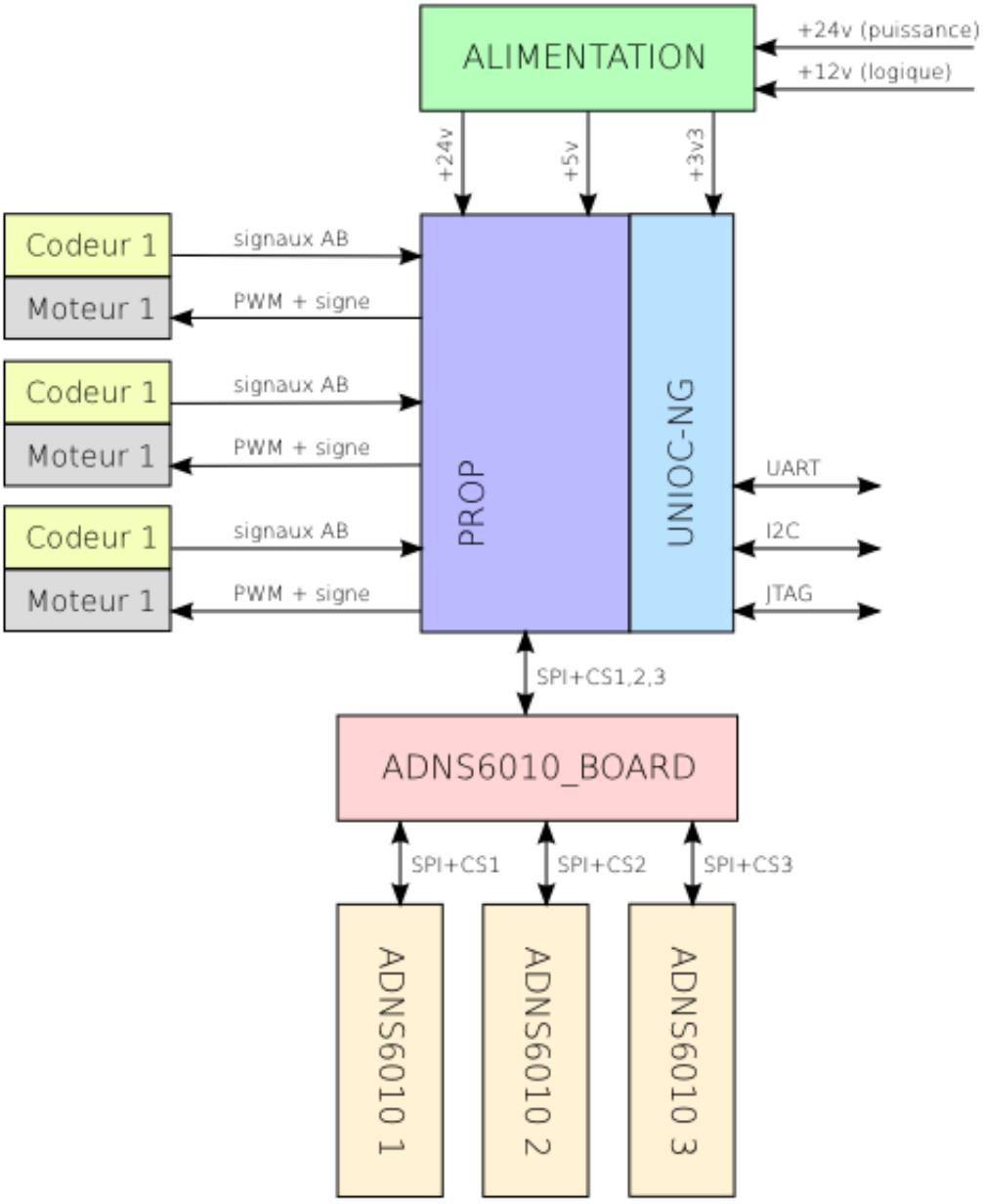
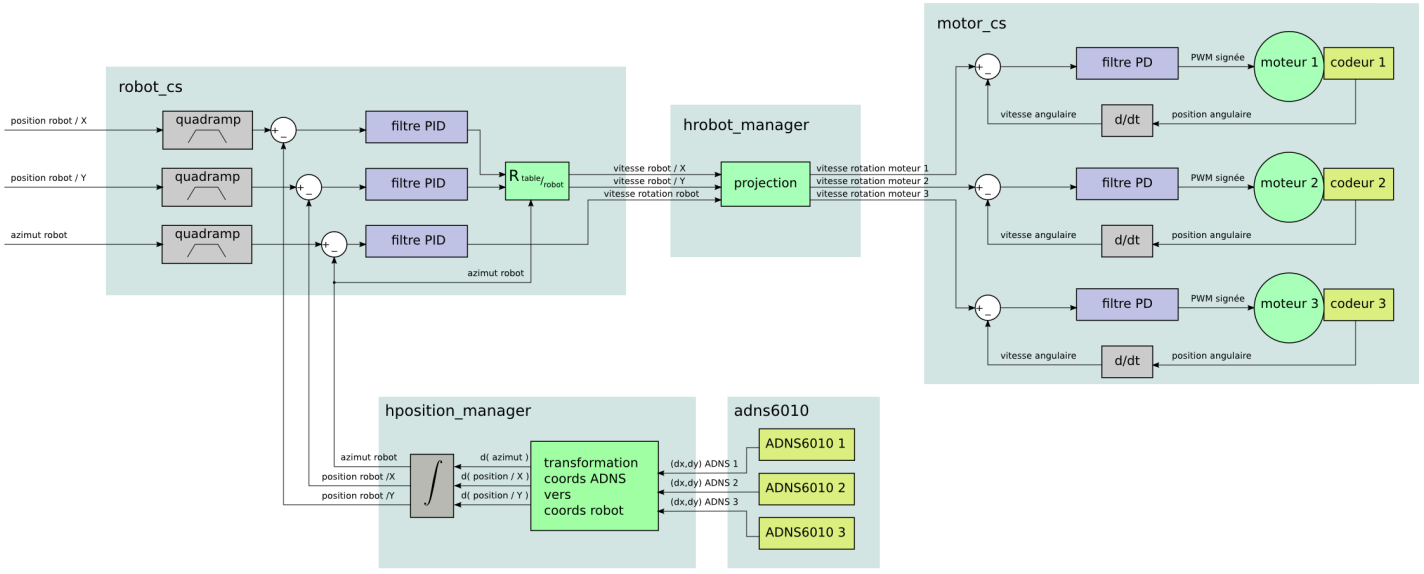
Rob'Otter 2k9

Galipeur

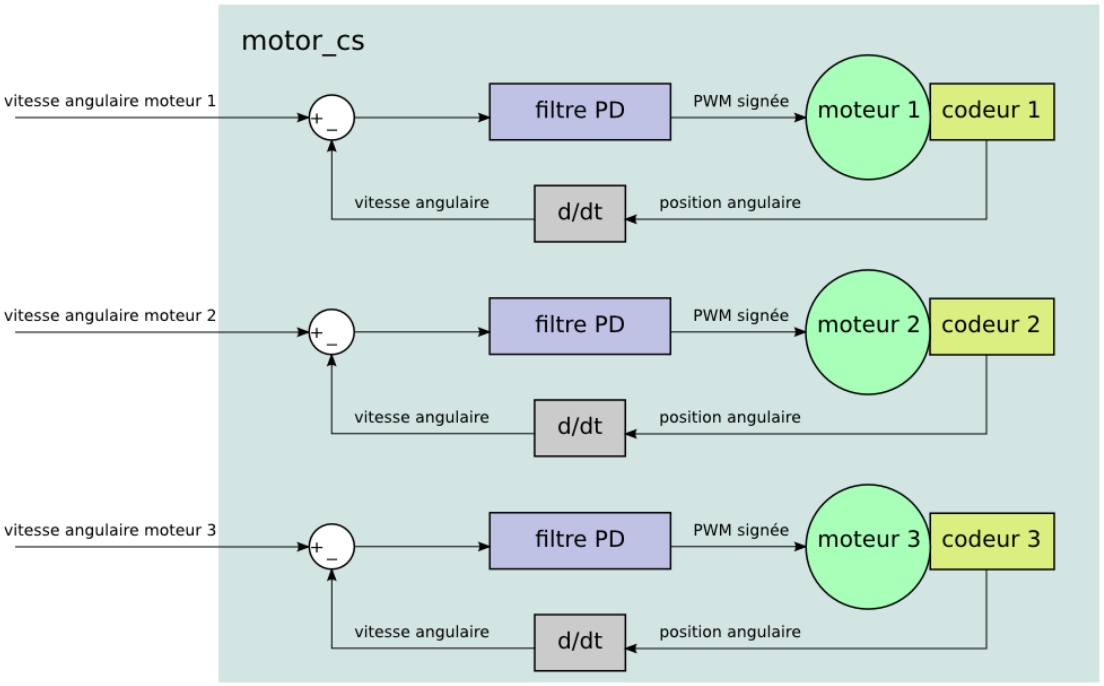
I Architecture électronique



II Asservissement



2.1 Asservissement en vitesse des moteurs



Chaque moteur est individuellement asservi en vitesse par un régulateur PD (Proportionnel,Dérivée) et une codeur incrémental HEDS5540 fixé à l'axe moteur.

2.1.1 Consigne

La consigne est ici une vitesse moteur exprimée en *pas codeurs/tick asservissement*.

2.1.2 Correction

La correction de l'asservissement est appliquée sous la forme d'une PWM + signe envoyée aux drivers moteurs, permettant de contrôler le moteur en tension.

2.1.3 Feedback

L'information de vitesse est récupérée depuis les codeurs incrémentaux HEDS5540, branchée sur le FPGA de l'UNIOC-NG, traités pour obtenir une position absolue de l'axe moteur puis transmis à l'ATmega128 de l'UNIOC-NG.

Un filtre dérivateur est appliquée sur la boucle de retour afin d'obtenir la vitesse de rotation de l'axe moteur.

2.1.4 Code

L'asservissement en vitesse des moteurs est réalisé dans les fichiers `unioc_asserv/motor_cs.c`, `unioc_asserv/motor_` et `unioc_asserv/motor_cs_config.h`.

Initialisation

`unioc_asserv/main.c` ligne 224 :

```
//-------------------------------------------------------
// Initialize control systems for motors
printf("# Initializing motors control systems : ");
motor_cs_init();
printf("# OK\n");
```

La fonction `motor_cs_init` assure l'initialisation des `control_system_managers`, filtres PID et PWM moteurs.

Mise à jour

La mise à jour de l'asservissement est effectuée par la fonction `motor_cs_update()` appellée par la fonction `hrobot_set_motors()` du module `hrobot_manager` lors de l'envoi des consignes aux moteurs.

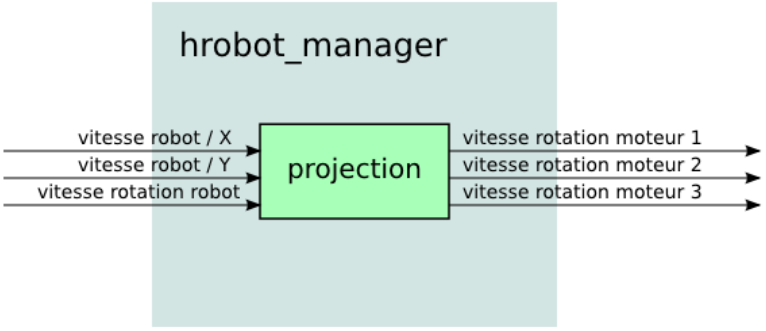
`modules/devices/hrobot_manager/hrobot_manager.c` ligne 74 :

```
// set motors speeds
if(hrs->motors_accessor)
(hrs->motors_accessor)(hrs->motors_accessor_params, v0, v1, v2);
```

Le pointeur `hrs->motors_accessor` est assigné à `motor_cs_update()` dans `unioc_asserv/main.c` ligne 208 :

```
hrobot_set_motors_accessor(&system, motor_cs_update, NULL);
```

2.2 Propulsion vectorielle



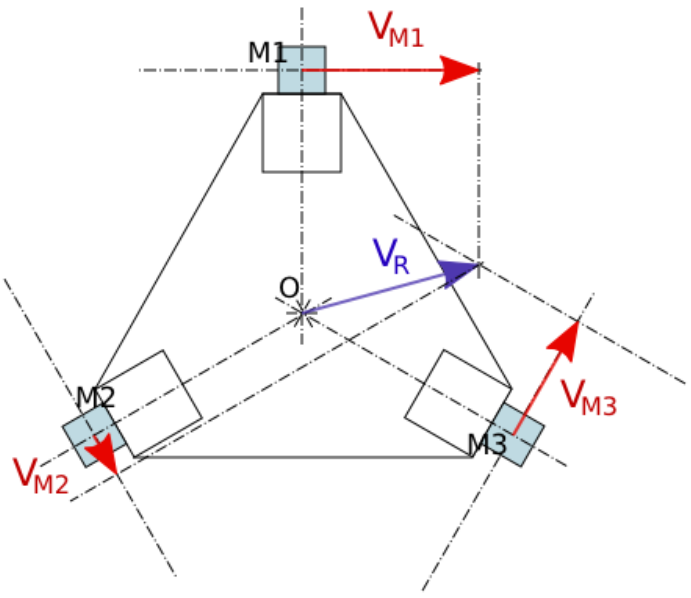
2.2.1 Théorie

La propulsion vectorielle permet de transformer une consigne en vitesse exprimée dans le repère lié au robot R_{robot} :

$$\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega_z \end{pmatrix}_{R_{robot}} \tag{2.1}$$

En une consigne en vitesse sur chaque moteur :

$$\begin{pmatrix} v_{M_1} \\ v_{M_2} \\ v_{M_3} \end{pmatrix}_{R_{moteurs}} \tag{2.2}$$



Soit $\overrightarrow{u_{M_1}}, \overrightarrow{u_{M_2}}, \overrightarrow{u_{M_3}}$ respectivement les vecteurs unitaires colinéaires au diamètre de chaque roue et appartenant au plan $(\vec{x}, \vec{y})$, chaque vecteur positif dans le sens de poussée positive de chaque moteur.
Soit R la distance entre le point d'appui d'une omniwheel et le centre du robot.

On pose $\overrightarrow{V_{robot/table}}_O = \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 0 \end{pmatrix}_O$ vecteur vitesse du robot en O dans le repère lié à la table.

On effectue le déplacement du torseur cinématique du robot en O aux points de contacts de chaque roue M_1, M_2 et M_3.

Au point O le torseur cinématique du robot est :

$$\left\{\nu_{robot/table}\right\} = \left\{ \begin{array}{c} \omega.\overrightarrow{z} \\ \overrightarrow{V_{robot/table}}_O \end{array} \right\}_O = \left\{ \begin{array}{cc} v_x & 0 \\ v_y & 0 \\ 0 & \omega_z \end{array} \right\}_O \tag{2.3}$$

Déplacement du torseur en M_1 :

$$\left\{\nu_{robot/table}\right\} = \left\{ \begin{array}{c} \omega_z.\overrightarrow{z} \\ \overrightarrow{V_{robot/table}}_O \end{array} \right\}_O \tag{2.4}$$

$$= \left\{ \begin{array}{c} \omega_z.\overrightarrow{z} \\ \overrightarrow{V_{robot/table}}_O + \overrightarrow{OM_1} \wedge \omega_z.\overrightarrow{z} \end{array} \right\}_{M_1} \tag{2.5}$$

$$= \left\{ \begin{array}{c} \omega_z.\overrightarrow{z} \\ \overrightarrow{V_{robot/table}}_O + R.\omega_z.\overrightarrow{u_{M_1}} \end{array} \right\}_{M_1} \tag{2.6}$$

On obtient de même en M_2 et M_3 :

$$\left\{\nu_{robot/table}\right\} = \left\{ \begin{array}{c} \omega_z.\overrightarrow{z} \\ \overrightarrow{V_{robot/table}}_O + R.\omega_z.\overrightarrow{u_{M_2}} \end{array} \right\}_{M_2} \tag{2.7}$$

$$\left\{\nu_{robot/table}\right\} = \left\{ \begin{array}{c} \omega_z.\overrightarrow{z} \\ \overrightarrow{V_{robot/table}}_O + R.\omega_z.\overrightarrow{u_{M_3}} \end{array} \right\}_{M_3} \tag{2.8}$$

Chaque omniwheel n ne peut fixer la vitesse que suivant l'axe $\overrightarrow{u_{M_n}}$, on obtient donc, en notant θ_{M_n} l'orientation respective de chaque vecteur u_{Mn} :

$$v_{M_n} = \overrightarrow{V_{robot/table}}_{M_n}.\overrightarrow{u_{M_n}} \tag{2.9}$$

$$= (\overrightarrow{V_{robot/table}}_O + R.\omega_z.\overrightarrow{u_{M_n}}).\overrightarrow{u_{M_n}} \tag{2.10}$$

$$= \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 0 \end{pmatrix}. \begin{pmatrix} \cos\theta_{M_n} \\ \sin\theta_{M_n} \\ 0 \end{pmatrix} + R.\omega_z \tag{2.11}$$

$$= v_x.\cos\theta_{M_n} + v_y.\sin\theta_{M_n} + R.\omega_z \tag{2.12}$$

Ce qui donne le système d'équations suivant :

$$v_{M_1} = v_x.\cos\theta_{M_1} + v_y.\sin\theta_{M_1} + R.\omega_z \tag{2.13}$$

$$v_{M_2} = v_x.\cos\theta_{M_2} + v_y.\sin\theta_{M_2} + R.\omega_z \tag{2.14}$$

$$v_{M_3} = v_x.\cos\theta_{M_3} + v_y.\sin\theta_{M_3} + R.\omega_z \tag{2.15}$$

2.2.2 Code

Initialisation

Le module `hrobot_manager` est initialisé dans le fichier `main.c` lignes 205 à 211 :

```
printf("# Initializing robot manager : ");
hrobot_init(&system);
hrobot_set_motors_accessor(&system, motor_cs_update, NULL);
printf("# OK\n");

printf("# Robot manager is GO\n\n");
```

Mise à jour

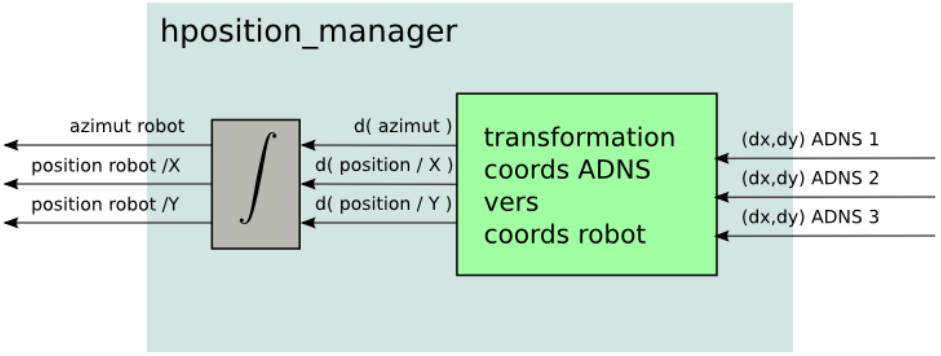
Ces transformations sont implémentées dans la fonction `hrobot_set_motors` du module `hrobot_manager` aux lignes 62 à 70 :

```
// project speed vector on each motor
v0 = vx*HROBOT_MOTOR0_COS_COURSE + vy*HROBOT_MOTOR0_SIN_COURSE;
v1 = vx*HROBOT_MOTOR1_COS_COURSE + vy*HROBOT_MOTOR1_SIN_COURSE;
v2 = vx*HROBOT_MOTOR2_COS_COURSE + vy*HROBOT_MOTOR2_SIN_COURSE;

//
v0 += omega;
v1 += omega;
v2 += omega;
```

Notons que dans la version présentée du code aucun effort de mise en conformité des unités n'a été effectuée R étant égal à 1 ici.

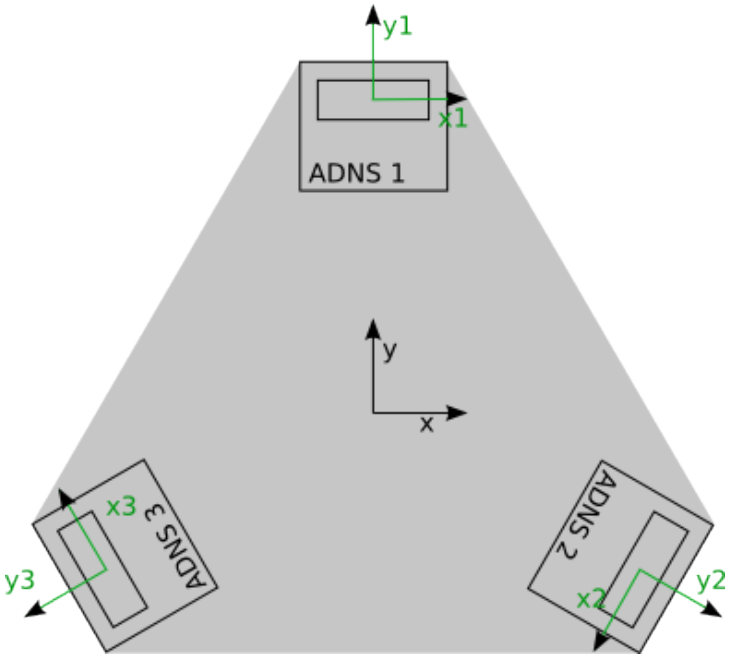
2.3 Positionnement



2.3.1 Transformation vitesses ADNS vers vitesses robot

Théorie

La carte ADNS6010 donne les vitesses de déplacement de chaque capteur dans son repère.



Soit le vecteur $\begin{pmatrix} v_{x1} \\ v_{y1} \\ v_{x2} \\ v_{y2} \\ v_{x3} \\ v_{y3} \end{pmatrix}$ représentant les informations de vitesses renvoyées par le capteur ADNS.

Sachant que chaque repère ADNS est une transformation linéaire du repère du robot on peut dire, en notant $\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega_z \end{pmatrix}_{R_{robot}}$ la vitesse du robot, qu'il existe une matrice A telle que :

$$\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega_z \end{pmatrix}_{R_{robot}} = A \begin{pmatrix} v_{x1} \\ v_{y1} \\ v_{x2} \\ v_{y2} \\ v_{x3} \\ v_{y3} \end{pmatrix} \tag{2.16}$$

La matrice A est donc une matrice 3x6 obtenue par identification du capteur ADNS.

$$A = \begin{pmatrix} a_{00} & a_{01} & a_{02} & a_{03} & a_{04} & a_{05} \\ a_{10} & a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{20} & a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \end{pmatrix} \tag{2.17}$$

Code

Initialisation

Le module `hposition_manager` est initialisé dans le fichier `main.c` lignes 216 à 221 :

```
printf("# Initializing position manager : ");
hposition_init( &position );
hposition_set( &position, 0.0, 0.0, 0.0 );
```

```
printf("# OK\n");

printf("# Position manager is GO\n\n");
```

Mise à jour

La transformation, réduite à un produit matriciel, est implémenté dans la fonction `hposition_update` du module `hposition_manager` aux lignes 119 à 137.

```
//-------------------------------------------------------------
// Transform speed in ADNS coordinates to robot coordinates

// compute speed in ADNS coordinates
for(i=0;i<6;i++)
  v[i] = hpos->pAdnsVectors[i] - adns6010.vectors[i];

// update previous ADNS vectors
for(i=0;i<6;i++)
  hpos->pAdnsVectors[i] = adns6010.vectors[i];

// for each robot coordinate (x,y,a) compute a dx of mouvement
for(k=0;k<3;k++)
{
  dp[k] = 0.0;

  // for each ADNS coordinate (vx1,vy1,vx2,vy2,vx3,vy3)
  for(i=0;i<6;i++)
  {
    dp[k] += hrobot_adnsMatrix[k][i]*v[i];
  }
}
```

2.3.2 Intégration des vitesses ADNS

Théorie

L'élément $\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega_z \end{pmatrix}_{R_{robot}}$ calculé précédement est donné dans le repère lié au capteur ADNS donc à R_{robot} repère lié au robot.

Il convient donc de le transformer par une rotation de α, angle du robot par rapport à la table.

Code

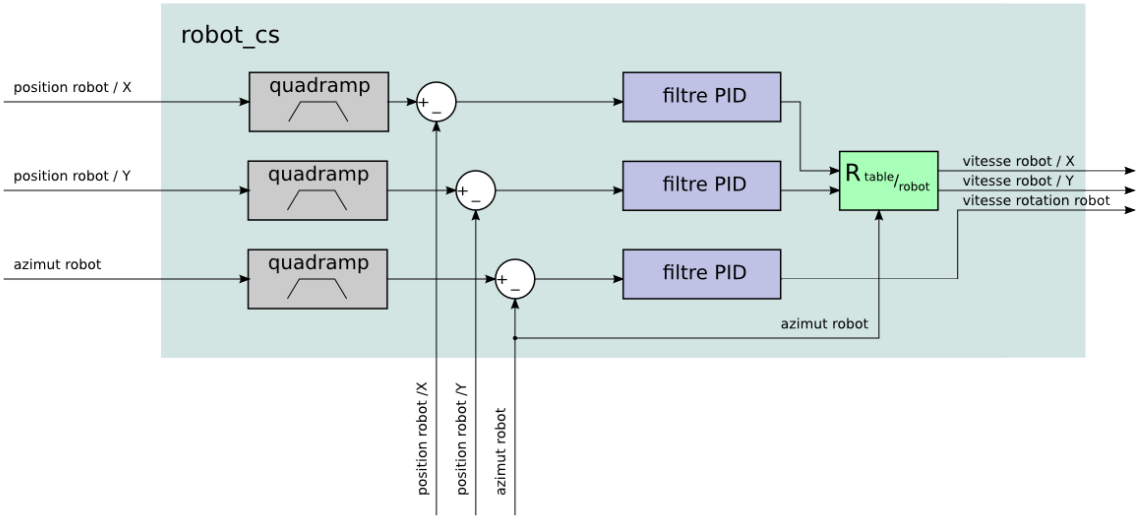
L'intégration de l'élément de position calculé est effectué à la suite dans la fonction `hposition_update` aux lignes 142 à 147.

```
alpha = hpos->position.alpha;

x = hpos->position.x + dp[HROBOT_DX]*cos(alpha) - dp[HROBOT_DY]*sin(alpha);
y = hpos->position.y + dp[HROBOT_DX]*sin(alpha) + dp[HROBOT_DY]*cos(alpha);
```

```
alpha += dp[HROBOT_DA];
```

2.4 Asservisement en position



Le robot est asservi en position par un régulateur PID sur chaque dimension : translation suivant $\vec{x}$, translation suivant $\vec{y}$, rotation suivant $\vec{z}$. La dernière étape consiste en une rotation du vecteur afin de le passer du repère R_{table} au repère R_{robot}.

2.4.1 Boucles d'asservissement

Consigne

La consigne est une position exprimée en mm et en radians.

Un filtre *quadramp* est appliqué à la consigne permettant de limiter ses dérivées premières et secondes, limitant ainsi l'accélération et la vitesse du robot.

Correction

La correction de l'asservissement est un vecteur vitesse passé en consigne à l'asservissement des moteurs.

Feedback

L'information de position est récupérée depuis le module `hposition_manager`, calculée depuis le retour de la carte ADNS6010.

Code

L'asservissement en position du robot est réalisé dans les fichiers `unioc_asserv/robot_cs.c` et `unioc_asserv/robot_`

Initialisation

`unioc_asserv/main.c` ligne 230 :

```
// Initialize control systems for robot
printf("# Initializing robot control systems : ");
robot_cs_init(&robot_cs);
robot_cs_set_hrobot_manager(&robot_cs,&system);
robot_cs_set_hposition_manager(&robot_cs,&position);
printf("# OK\n");
```

La fonction `robot_cs_init` assure l'initialisation des `control_system_managers`, filtres PID et quadramps.

Mise à jour

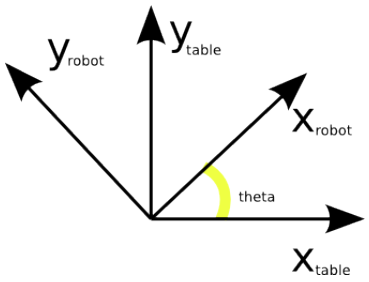
La mise à jour de l'asservissement est effectuée par la fonction `robot_cs_update()` appellée sur interruption par le module `scheduler` :
`unioc_asserv/main.c` ligne 324 :

```
// Unleash control systems
 scheduler_add_periodical_event_priority(&robot_cs_update, &robot_cs,
                                         10,100);
```

2.4.2 Changement de repère

Théorie

La correction calculée par l'asservissement en position est exprimée dans le repère lié à la table de jeu R_{table}. Avant de l'envoyer aux asservissements moteurs il faut effecteur un changement de repère de R_{table} vers R_{robot}.



On a :

$$\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega_z \end{pmatrix}_{R_{table}} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 0 \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega_z \end{pmatrix}_{R_{robot}} \tag{2.18}$$

$$\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega_z \end{pmatrix}_{R_{robot}} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega_z \end{pmatrix}_{R_{table}} \tag{2.19}$$

Code

Le changement de repère est effectué dans la fonction `robot_cs_update()` :

```
vx_t     = cs_get_out(&csm_x);
vy_t     = cs_get_out(&csm_y);
omegaz_t = cs_get_out(&csm_angle);

hposition_get(rcs->hpm, &hvec);

alpha = -hvec.alpha;

vx_r = vx_t*cos(alpha) - vy_t*sin(alpha);
vy_r = vx_t*sin(alpha) + vy_t*cos(alpha);
```

2.5 Fonctionnement nominal

2.5.1 Initialisation

La fonction `hposition_update` assurant la mise à jour de la position du robot à partir des informations retournées par les ADNS est appellée sur interruption, par le biais du module scheduler.
L'appel est initialisé dans `main.c` :

```
scheduler_add_periodical_event_priority(&hposition_update, &position, 400, 50);
```

La fonction `robot_cs_update` assurant la mise à jour de l'asservissement est appellée elle aussi sur interuption, l'appel est initialisé dans `main.c` :

```
scheduler_add_periodical_event_priority(&robot_cs_update, &robot_cs, 10, 100);
```

2.5.2 Mise à jour de l'asservissement

La mise à jour de l'asservissement se déroule de la manière suivante :
- appel de `robot_cs_update`, mise à jour des asservissements en translation suivant $\vec{x}$, translation suivant $\vec{y}$ et angle selon $\vec{z}$;
- appel de `hrobot_set_motors` avec les valeurs calculées par les 3 asservissements en position, afin de transformer une consigne en vitesse dans le repère du robot vers une consigne en vitesse sur chaque moteur ;
- appel de `motor_cs_update` avec les consignes en vitesse de chaque moteur, mise à jour des asservissement en vitesses des 3 moteurs ;
- mise à jour des PWMs avec les valeurs calculées par les asservissements en vitesse.

III Identification du capteur ADNS

3.1 Théorie

Le capteur de position constitué de 3 capteurs optiques ADNS6010 n'est pas parfaitement ajusté dans les axes de la base roulante et il est, par conséquent, difficile de calculer la matrice A vue précédement a partir des mesures du capteur.

$$\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega_z \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} v_{x1} \\ v_{y1} \\ v_{x2} \\ v_{y2} \\ v_{x3} \\ v_{y3} \end{pmatrix} \tag{3.1}$$

La méthode est donc d'effectuer une série de mesure de couples (U, V) où $U = \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega_z \end{pmatrix}$ et $V = \begin{pmatrix} v_{x1} \\ v_{y1} \\ v_{x2} \\ v_{y2} \\ v_{x3} \\ v_{y3} \end{pmatrix}$.

Par exemple effectuer depuis le point $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ une translation de $400mm$ suivant l'axe $\vec{x}$ donne le couple (U_0, V_0) suivant :

$$\left(\begin{pmatrix} 400 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 30110 \\ -17327 \\ -30676 \\ -17198 \\ 972 \\ 35188 \end{pmatrix} \right) \tag{3.2}$$

Il reste à effectuer un grand nombre de mesure sur des coordonnées variées et d'ensuite identifier la matrice A au moyen d'un algorithme d'identification.

3.2 Code

L'identification est effectuée au moyen de la méthode ARMA sous SciLab grâce au script `unioc_asserv/scilab/adns_calibration.sci`.