DRONE STATIONNAIRE

PROJET ELECTRONIQUE PEIP 2 LEHYAN FLOURIOT G3

Rapport de séance 5 :

Pour commencer, j'ai réalisé un test de vol avec le « codefinal3 » que j'ai publié sur GitHub.

Voila le compte-rendu de ce test :

Le drone décolle légèrement car je lui ai demandé d'assigner des valeurs maximales de moteur relativement faibles, il se stabilise en fonction des valeurs d'inclinaison.
Jusque-là tout parait très prometteur, MAIS il y a un problème réellement encombrant.
Ces étapes de stabilisations sont beaucoup trop lentes donc le drone fait des à-coups trop importants pour avoir l'équilibre. Quand il se redresse sur la gauche, il doit se redresser sur la droite etc… Cela fait des boucles sans fin donc il ne se stabilise jamais vraiment et lutte continuellement.

Pour pallier ce problème il va falloir augmenter d'une manière considérable la vitesse des informations que renvoie le MPU6050 et donc par continuité la vitesse des corrections d'inclinaisons.

J'ai pu comprendre après quelques recherches que je ne peux pas utiliser les librairies que j'utilisé tel que « I2C » etc… car elles sont trop lentes. Je vais donc utiliser la librairie « Wire » de l'Arduino.

Je ne vais plus avoir besoin de brancher le INT du MPU6050.

Donc il va falloir changer les configurations du composant MPU6050 pour augmenter son taux de rafraichissement. Pour cela nous devons changer des valeurs précises qui sont détaillées sur ce lien : https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Register-Map1.pdf

En gros, on change la vitesse de transmission et la précision des capteurs accéléromètre et gyroscopique avec ce genre de schéma :

SENSIBILITE DU GYROSCOPE :

```
Wire.beginTransmission(0x68); // Start communication with MPU
Wire.write(0x1B);             // Request the GYRO_CONFIG
register
Wire.write(0x08);             // Apply the desired
configuration to the register : +-500°/s
Wire.endTransmission();       // End the transmission
```

SENSIBILITE DE L'ACCELEROMETRE :

```
Wire.beginTransmission(0x68); // Start communication with MPU
Wire.write(0x1C);             // Request the ACCEL_CONFIG
register
Wire.write(0x10);             // Apply the desired
configuration to the register : +-8g
Wire.endTransmission();       // End the transmission
```

FREQUENCE D'HORLOGE :

```
Wire.beginTransmission(0x68); // Start communication with MPU
Wire.write(0x6B);             // Request the PWR_MGMT_1
register
Wire.write(0x00);             // Apply the desired
configuration to the register
Wire.endTransmission();       // End the transmission
```

CHANGEMENT DU FILTRE PASSE BAS (conseillée) :

```
Wire.beginTransmission(0x68); // Start communication with MPU
Wire.write(0x1A);             // Request the CONFIG register
Wire.write(0x03);             // Apply the desired
configuration to the register : DLPF about 43Hz
Wire.endTransmission();       // End the transmission
```

Ce qui donne finalement dans une bonne fonction propre :

```
#define MPU_ADDRESS 0x68  // I2C address of the MPU-6050


/**
 * Configure la plage de fonctionnement du gyroscope et de
l'accéléromètre :
 *  - accéléromètre: +/-8g
 *  - gyroscope: 500°/sec
```

```
 *
 * @return void
 */
void setupMpu6050Registers() {
    // Configure power management
    Wire.beginTransmission(MPU_ADDRESS); // Start
communication with MPU
    Wire.write(0x6B);                    // Request the
PWR_MGMT_1 register
    Wire.write(0x00);                    // Apply the desired
configuration to the register
    Wire.endTransmission();              // End the
transmission


    // Configure the gyro's sensitivity
    Wire.beginTransmission(MPU_ADDRESS); // Start
communication with MPU
    Wire.write(0x1B);                    // Request the
GYRO_CONFIG register
    Wire.write(0x08);                    // Apply the desired
configuration to the register : ±500°/s
    Wire.endTransmission();              // End the
transmission


    // Configure the acceleromter's sensitivity
    Wire.beginTransmission(MPU_ADDRESS); // Start
communication with MPU
    Wire.write(0x1C);                    // Request the
ACCEL_CONFIG register
    Wire.write(0x10);                    // Apply the desired
configuration to the register : ±8g
    Wire.endTransmission();              // End the
transmission


    // Configure low pass filter
```

```
    Wire.beginTransmission(MPU_ADDRESS); // Start
communication with MPU
    Wire.write(0x1A);                    // Request the
CONFIG register
    Wire.write(0x03);                    // Set Digital Low
Pass Filter about ~43Hz
    Wire.endTransmission();              // End the
transmission
}
```

Nous devons donc désormais lire les valeurs brutes que le capteur stocke.
Pour ce faire, nous devons requêter 14 registres numérotés de 59 à 72 comprenant également une information de température (c'est toujours bien).

```
#include <Wire.h>

#define MPU_ADDRESS 0x68  // I2C address of the MPU-6050

int acc_raw[3] = {0,0,0};
int gyro_raw[3] = {0,0,0};
int temperature = 0;

void readSensor() {
    Wire.beginTransmission(MPU_ADDRESS);// Start
communicating with the MPU-6050
    Wire.write(0x3B);                   // Send the requested
starting register
    Wire.endTransmission();             // End the
transmission
    Wire.requestFrom(MPU_ADDRESS,14);   // Request 14 bytes
from the MPU-6050

    // Wait until all the bytes are received
    while(Wire.available() < 14);
```

```
    acc_raw[X]  = Wire.read() << 8 | Wire.read(); // Add the
low and high byte to the acc_raw[X] variable
    acc_raw[Y]  = Wire.read() << 8 | Wire.read(); // Add the
low and high byte to the acc_raw[Y] variable
    acc_raw[Z]  = Wire.read() << 8 | Wire.read(); // Add the
low and high byte to the acc_raw[Z] variable
    temperature = Wire.read() << 8 | Wire.read(); // Add the
low and high byte to the temperature variable
    gyro_raw[X] = Wire.read() << 8 | Wire.read(); // Add the
low and high byte to the gyro_raw[X] variable
    gyro_raw[Y] = Wire.read() << 8 | Wire.read(); // Add the
low and high byte to the gyro_raw[Y] variable
    gyro_raw[Z] = Wire.read() << 8 | Wire.read(); // Add the
low and high byte to the gyro_raw[Z] variable
}
```

Nous avons des valeurs « brutes », ce ne sont pas des degrés facilement lisibles. Il nous faut donc les convertir en une valeur compréhensible.

Pour avoir des valeurs en degré par seconde, il va falloir diviser les données brutes du gyroscope par 65.5.

Malheureusement, on peut constater que les valeurs sont légèrement décalées par rapport à la réalité. Il faut donc estimer puis compenser ce léger décalage. Pour cela, il faut prendre beaucoup de mesures et calculer leur valeur moyenne, cela nous donnera une correction à appliquer sur chaque axe.

```
// On déclare quelques constantes pour la lisibilité
#define X 0
#define Y 1
#define Z 2

float gyro_offset[3] = {0,0,0};
int   gyro_raw[3]    = {0,0,0};

/**
```

```
 * Calibrage du MPU6050 : on prend 2000 échantillons et on
calcule leur valeur moyenne.
 * Durant cette étape, le drone doit rester sur une surface
horizontal sans bouger.
 *
 * @return void
 */
void calibrateMpu6050()
{
    int max_samples = 2000;

    for (int i = 0; i < max_samples; i++) {
        readSensor();

        gyro_offset[X] += gyro_raw[X];
        gyro_offset[Y] += gyro_raw[Y];
        gyro_offset[Z] += gyro_raw[Z];

        // Just wait a bit before next loop
        delay(3);
    }

    // Calculate average offsets
    gyro_offset[X] /= max_samples;
    gyro_offset[Y] /= max_samples;
    gyro_offset[Z] /= max_samples;
}
```

Il reste plus qu'a soustraire ces valeurs aux valeurs brutes, puis les diviser par le facteur de sensibilité que l'on a défini.

```

```

```
void loop()
{
      readSensor();

      real_value[X] = (gyro_raw[X] - gyro_offset[X]) /
SSF_GYRO;
      real_value[Y] = (gyro_raw[Y] - gyro_offset[Y]) /
SSF_GYRO;
      real_value[Z] = (gyro_raw[Z] - gyro_offset[Z]) /
SSF_GYRO;
}
```

Cependant j'aimerai des degrés et pas des degrés par secondes.

Il va donc falloir une étape de plus :

On va devoir intégrer et sommant plusieurs valeurs par secondes. Nous allons partir sur une fréquence de 250Hz (conseillée car 200Hz est trop faible pour une stabilisation efficace). On va sommer les valeurs toutes les 4ms, et donc devoir diviser la valeur finale par 250.

Dans l'Arduino on le mettra comme ça :

```
angle[PITCH] += (gyro_raw[X] - gyro_offset[X]) / (250 *
SSF_GYRO);
angle[ROLL]  += (gyro_raw[Y] - gyro_offset[Y]) / (250 *
SSF_GYRO);
```

Pour le Pitch, il faut mettre un sinus (sinon ça pose des problèmes lors de plans inclinés) :

```
pitch_angle += roll_angle * sin(yaw_raw)
```

Le code ressemble donc à cela au final pour récupérer très rapidement les valeurs du MPU6050 :

```
#include <Wire.h>

#define MPU_ADDRESS 0x68 // I2C address of the MPU-6050
```

```
#define SSF_GYRO    65.5 // Sensitivity Scale Factor of the gyro

#define X  0     // X axis
#define Y  1     // Y axis
#define Z  2     // Z axis
#define FREQ 250 // Sampling frequency

int acc_raw[3]  = {0,0,0};
int gyro_raw[3] = {0,0,0};
int period;
int temperature = 0;
unsigned long int loop_timer;
unsigned long int now; // Exists just to reduce the calls to micros()
float gyro_angle[3]  = {0,0,0};
float gyro_offset[3] = {0,0,0};

void setup() {
  // Setup MPU registers
  setupMpu6050Registers();

  // Calibrate MPU6050 calculating average offset of each axis
  calibrateMpu6050();

  // Calculate period in µs
  period = (1000000/FREQ);

  // Init loop timer
  loop_timer = micros();
}
```

```
void loop() {
  readSensor();

  calculateGyroAngles();

  // Do nothing until sampling period is reached
  while((now = micros()) - loop_timer <  period);
  loop_timer = now;
}

/**
 * Calculate angles with gyro data
 */
void calculateGyroAngles()
{
  // Substract offsets
  gyro_raw[X] -= gyro_offset[X];
  gyro_raw[Y] -= gyro_offset[Y];
  gyro_raw[Z] -= gyro_offset[Z];

  // Angle calculation
  gyro_angle[X] += gyro_raw[X]   / (FREQ * SSF_GYRO);
  gyro_angle[Y] += (gyro_raw[Y]) / (FREQ * SSF_GYRO);

  // Transfer roll to pitch if IMU has yawed
  gyro_angle[Y] -= gyro_angle[X] * sin(gyro_raw[Z] * (PI /
(FREQ * SSF_GYRO * 180)));
  gyro_angle[X] += gyro_angle[Y] * sin(gyro_raw[Z] * (PI /
(FREQ * SSF_GYRO * 180)));
}
```

Avec les fonctions définis avec les codes précédents.

Ce n'est pas fini, on constate qu'avec cette méthode, les valeurs finissent par dérivent et finissent par devenir aberrantes.
C'est ici qu'intervient l'accéléromètre !

On va mesurer les valeurs de l'accéléromètre et les combiner avec celles du gyroscope, car les vibrations ne nous permettent pas d'utiliser uniquement l'accéléromètre.

Valeurs de l'accéléromètre :

```
#define X  0        // X axis
#define Y  1        // Y axis
#define Z  2        // Z axis

int acc_raw[3]     = {0,0,0};
float acc_angle[3] = {0,0,0};
float acc_total_vector;

/**
 * Calculate angles using the 3 axis accelerometer.
 */
void measureAccelerometerAngles()
{
  // Calculate total 3D acceleration vector : √(X² + Y² + Z²)
  acc_total_vector = sqrt(pow(acc_raw[X], 2) +
pow(acc_raw[Y], 2) + pow(acc_raw[Z], 2));

  // To prevent asin to produce a NaN, make sure the input
value is within [-1;+1]
  if (abs(acc_raw[X]) < acc_total_vector) {
    acc_angle[X] = asin((float)acc_raw[Y] / acc_total_vector)
* (180 / PI); // asin gives angle in radian. Convert to
degree multiplying by 180/pi
  }

  if (abs(acc_raw[Y]) < acc_total_vector) {
```

```
    acc_angle[Y] = asin((float)acc_raw[X] / acc_total_vector)
* (180 / PI);
  }
}
```

Donc pour des mesures très précises, nous allons prendre 99.96% du gyroscope et 0.04% de l'accéléromètre.

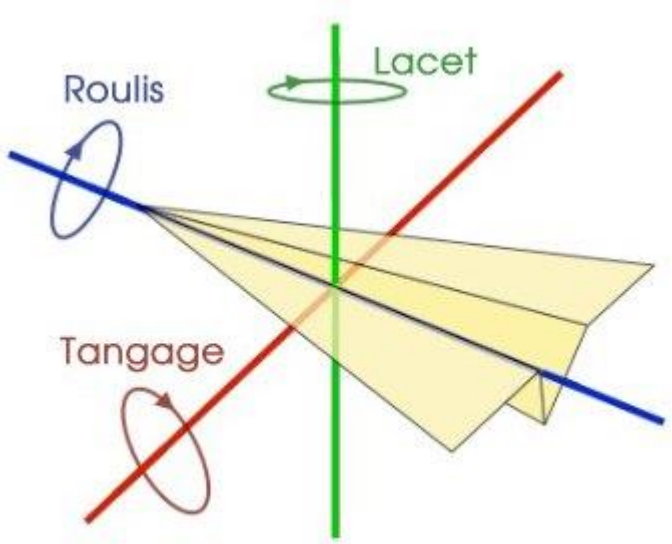
```
pitch_angle = pitch_angle_gyro * 0.9996 + pitch_angle_acc *
0.0004;
roll_angle = roll_angle_gyro * 0.9996 + roll_angle_acc *
0.0004;
```

Par contre, lors de démarrage sur plan incliné, il faut initialiser les valeurs de gyroscope avec celle de l'accéléromètre en considérant que lors du démarrage le drone ne bouge pas !

```
if (initialized) {
      pitch_angle = pitch_angle_gyro * 0.9996 +
pitch_angle_acc * 0.0004;
      roll_angle  = roll_angle_gyro  * 0.9996 +
roll_angle_acc  * 0.0004;
} else {
      pitch_angle_gyro = pitch_angle_acc;
      roll_angle_gyro  = roll_angle_acc;

      initialized = true;
}
```

On pose ensuite une référence pour les sens de rotations de la sorte :



- **aile gauche vers le haut : roulis (roll) positif**
- **nez vers le haut : tangage (pitch) positif**
- **nez vers la droite : lacet (yaw) positif**

Ces valeurs sont super importantes.

Le code final est carrément super gros, donc je le met sur le GitHub nommé « IMU »pour Inertial Measurement Unit .