

Brevet de Technicien Supérieur SN

Session 2022

Lycée Saint Gabriel – Saint Michel



SG05 – Makair

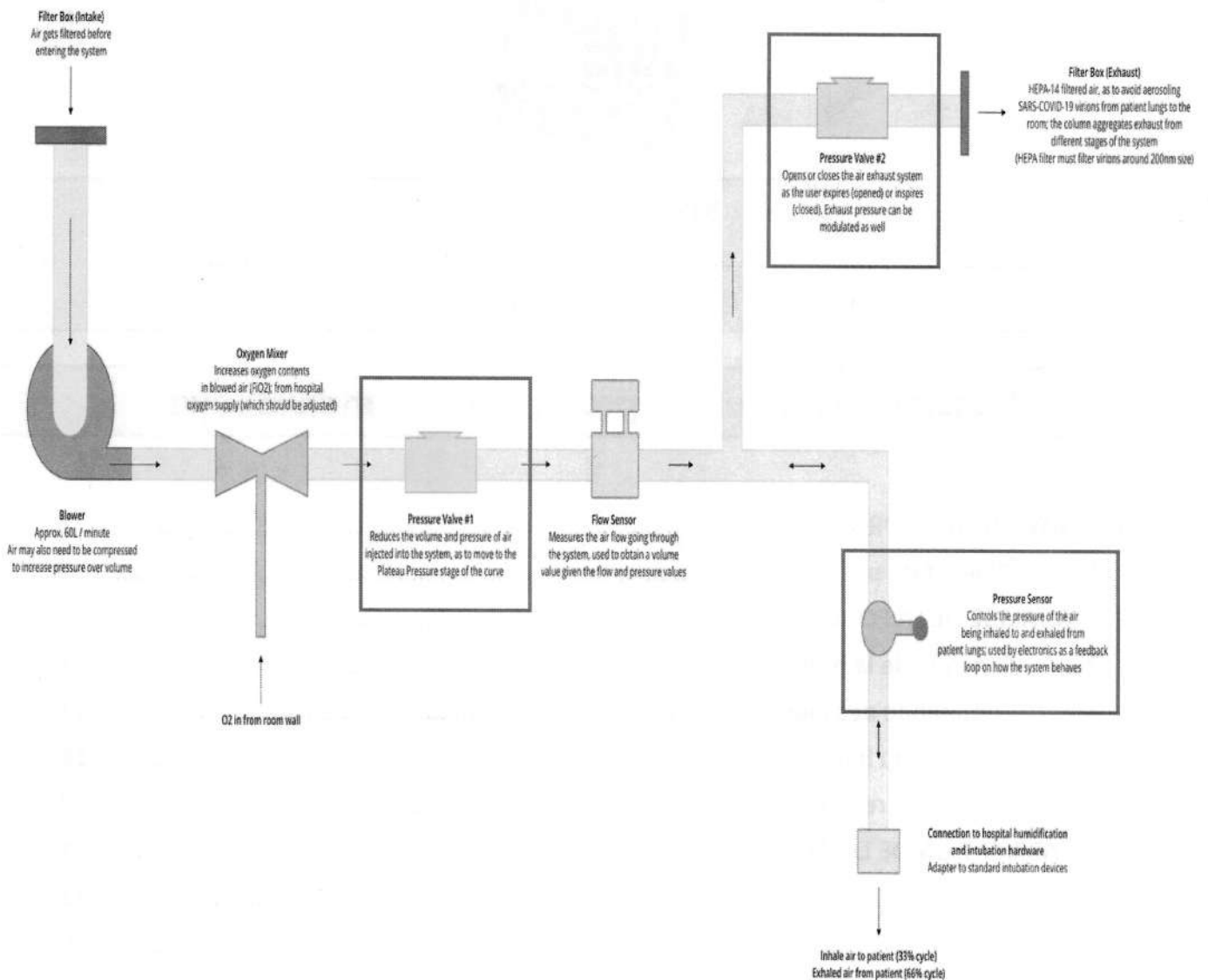
Gaborit Antonin

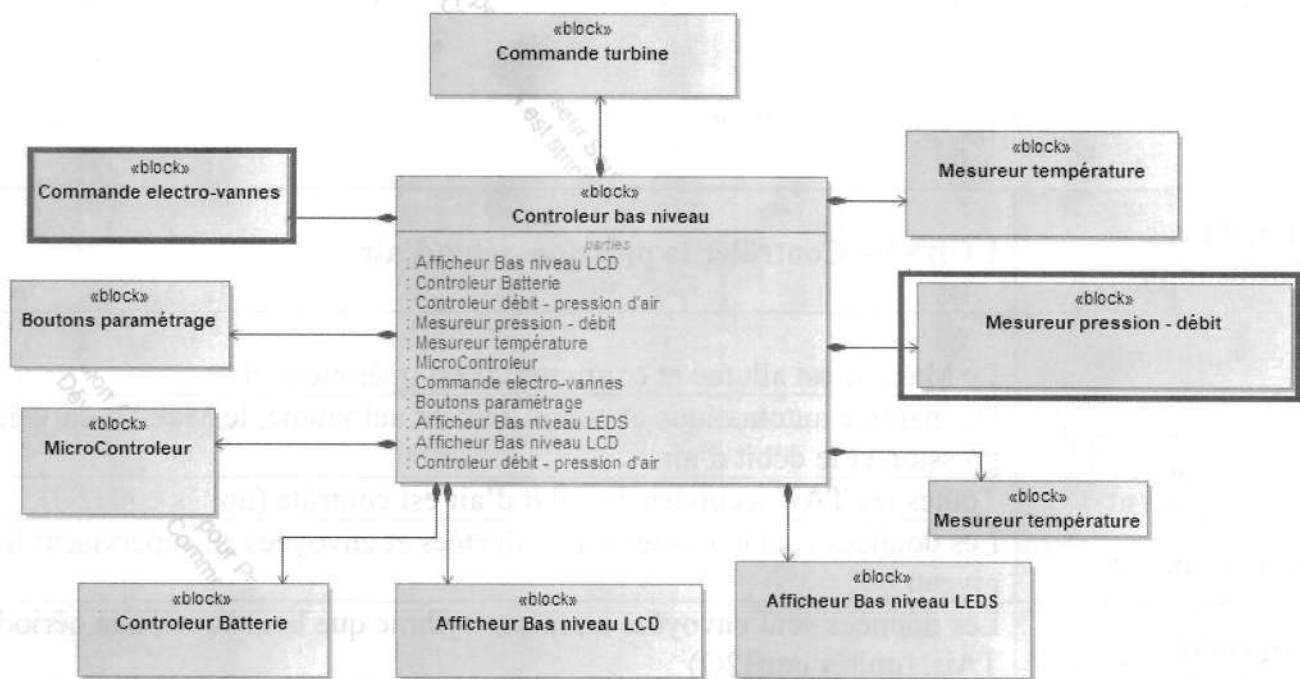
Dossier technique du projet – partie individuelle

| | | |
|-----|-------------------------------------|----|
| 1 | SITUATION DU PROJET | 1 |
| 1.1 | Objectif du projet | 1 |
| 2 | ANALYSE DE LA FONCTION / TEST | 3 |
| 2.1 | Contrôle de la pression | 3 |
| 2.2 | Commande des électrovannes | 12 |
| 2.3 | Contrôle du buzzer | 18 |
| 2.4 | Problèmes rencontrés | 20 |
| 3 | FABRICATION DE LA CARTE | 21 |
| 3.1 | Schéma structurel | 21 |
| 4 | PROGRAMME | 25 |
| 4.1 | Présentation du programme | 25 |
| 5 | CONCLUSION | 27 |
| 6 | ANNEXES | 28 |
| 6.1 | Diagramme de Gantt | 28 |
| 6.2 | Documentation technique | 29 |

1 SITUATION DU PROJET

1.1 Objectif du projet





Ce diagramme de blocks est représentatif des tâches de chacun. Ma partie est centrée sur la commande des turbines pendant les phases d'inspiration et d'expiration. La seconde partie est la mesure de la pression et du débit, cette tâche est réalisée en parallèle avec un camarade. Puis pour terminer, le contrôle du buzzer qui n'est pas présent directement sur ce diagramme.

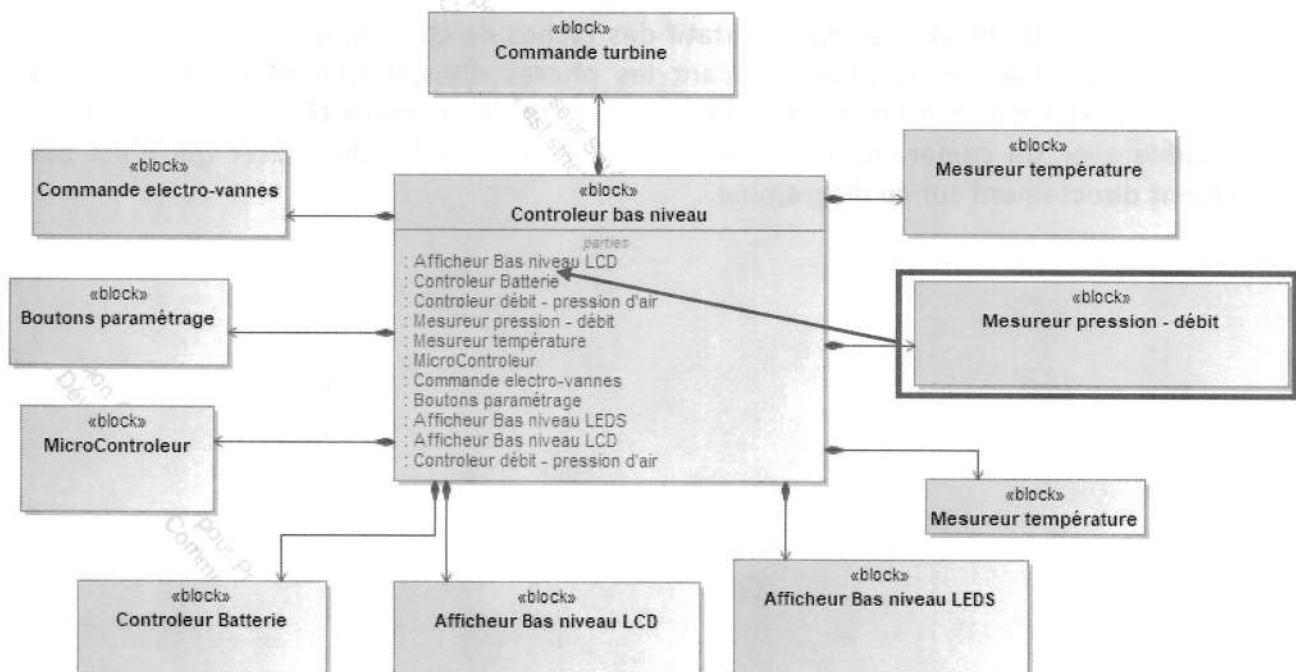
2 ANALYSE DE LA FONCTION / TEST

2.1 Contrôle de la pression

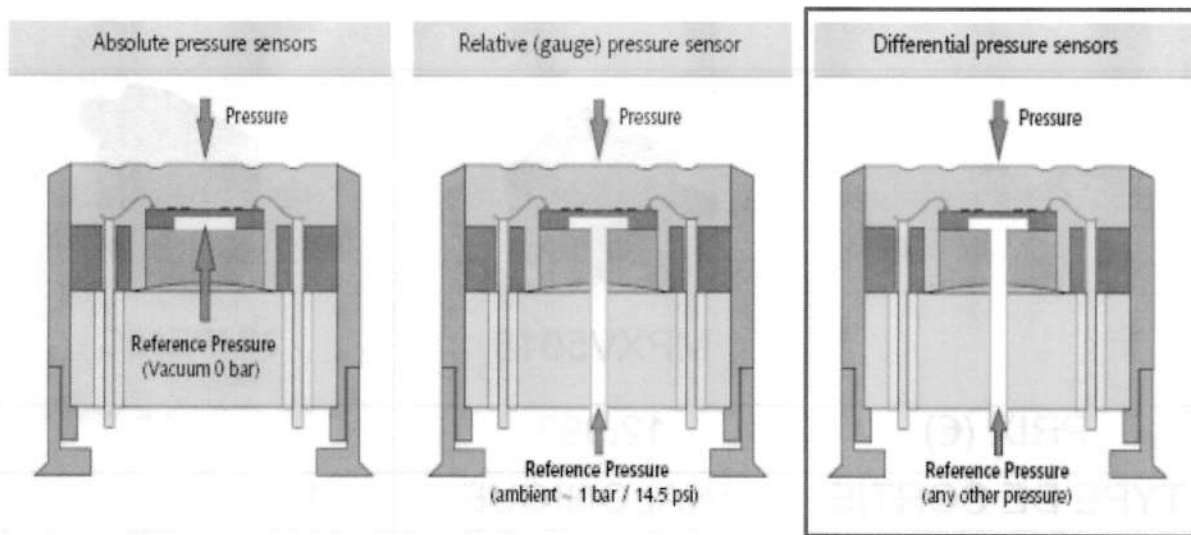
2.1.1 Cahier des charges

| | |
|---------------------------------|--|
| Nom du cas d'utilisation | UCBN3 – Contrôler la pression-débit d'air |
| Pré-condition(s) | Le MakAir est allumé et configuré. Il est opérationnel. |
| Scénario nominal | De manière automatique et complètement autonome, le MakAir surveille la pression et le débit d'air |
| Séquencement | Toutes les TAir secondes, le débit d'air est contrôlé (unités cmH2O) |
| Post-condition | Les données sont correctement collectées et envoyées au superviseur haut niveau |
| Exigences | Les données sont envoyées au même rythme que la collecte, à la période TAir, (unités cmH2O) |

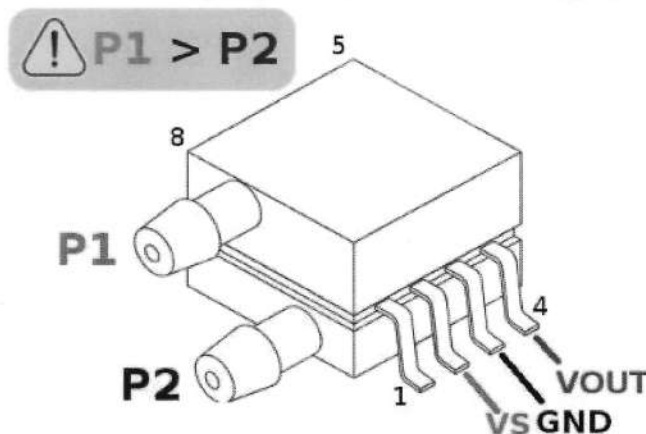
2.1.2 Diagramme de blocks



2.1.3 Principe de fonctionnement

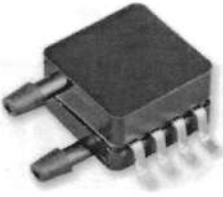



La pression à mesurer est transmise à la puce en silicium via une membrane et une huile de silicone incompressible. La puce est alimentée en énergie par une traversée en verre isolant et des fils de liaison. La sortie du signal de pression est exprimée en mV. Le MPXV5010DP est un capteur de pression différentielle qui va donc mesurer une différence de pression avec une pression de référence qui ici est la pression atmosphérique.

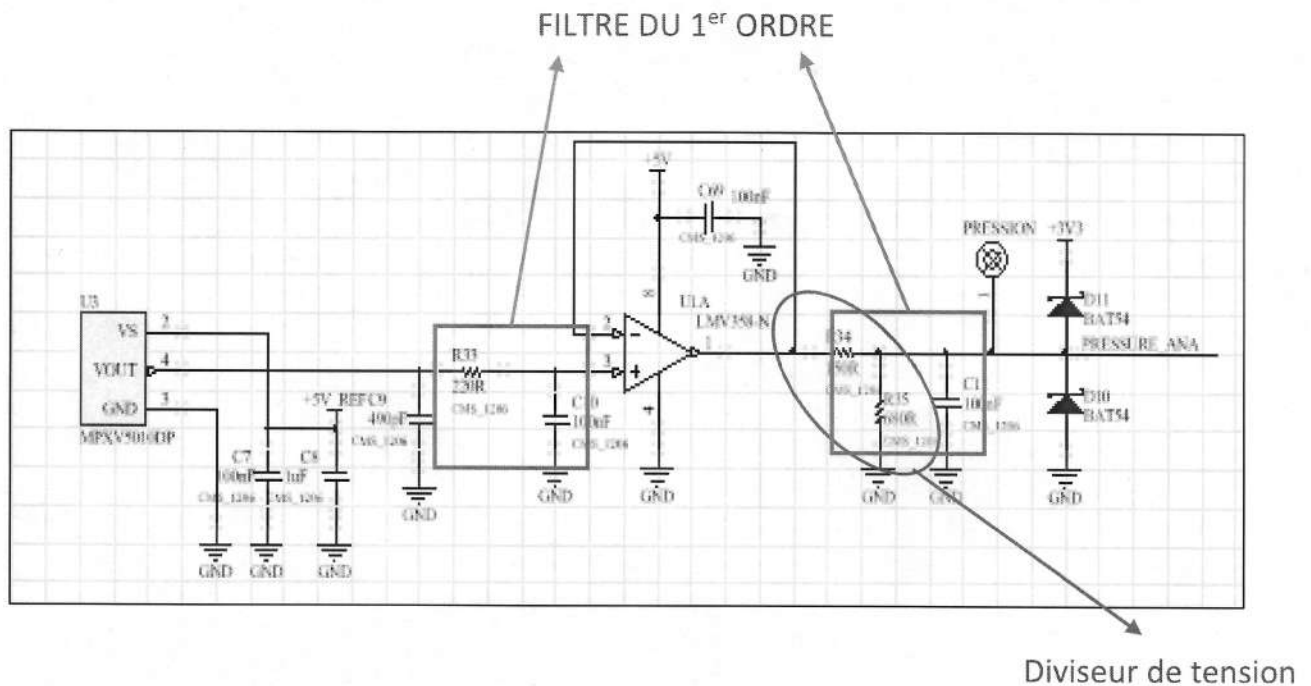


Dans le domaine médical, les capteurs de pression différentielle sont utilisés pour le traitement de la thrombose veineuse profonde, les pompes à perfusion et les équipements de détection des respirateurs et de la respiration.

2.1.4 Justification des choix

| | | |
|----------------|---|--|
| |  MPXV5010 |  XMPE12C |
| PRIX (€) | 12,993 | 74,06 |
| TYPE DE SORTIE | ANALOGIQUE | NUMÉRIQUE |
| PLAGE DE TEMP. | 0°C à +85°C | -25°C à +85°C |
| TOLERANCE | ±5.0 | ±5.0 |

La solution choisie est le MPXV5010 car son principe de fonctionnement est assez simple, la principale raison qui m'a mené à ce choix est le fait que ce capteur mesure une pression différentielle ce qui est essentiel pour les systèmes de respiration car il relève une différence de pression. Au niveau du conditionnement, son erreur maximale est de ± 5.0 dans la plage d'utilisation de 0° à 85° ce qui est similaire au XMPE12C.



J'ai placé un pont diviseur de tension après l'AOP suiveur pour pouvoir abaisser la tension en sortie du suiveur. Cela va donc permettre de passer de 5V en entrée du circuit à 3V3. La présence du diviseur de tension est essentielle dans ce cas-là, sinon cela aurait posé problème au niveau du micro-processeur STM32 qui demande une tension de 3V3.

Deux filtres du premier ordre ont été placés avant et après le suiveur pour filtrer les basses fréquences.

Calcul des fréquences de coupures pour les filtres du 1^{er} ordre

Pour un filtre du 1^{er} ordre :

$$F_c = 1 / (2\pi \times R \times C)$$

$F_c \rightarrow \text{Hz}$

$R \rightarrow \text{Ohm}$

$C \rightarrow \text{Farad}$

$$R_{eq} = R_{26} \times R_{28} / R_{26} + R_{28}$$

$$R_{eq} = 150 \times 680 / 150 + 680$$

$$R_{eq} = 122,9 \text{ Ohm}$$

$$F_{c1} = 1 / (2\pi \times R_{25} \times C_5)$$

$$F_{c1} = 1 / (2\pi \times 220 \times 100 \cdot 10^{-9})$$

$$F_{c1} = 7,234 \text{ kHz}$$

$$F_{c2} = 1 / (2\pi \times R_{eq} \times C_{60})$$

$$F_{c2} = 1 / 2\pi \times 122,9 \times 100 \cdot 10^{-9})$$

$$F_{c2} = 12,949 \text{ kHz}$$

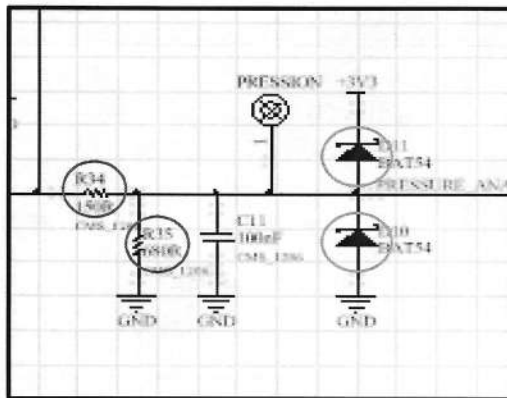
Justification du choix des tolérances à 1% + diode Zener

R35max / R35min sont exprimés en Ω

UR35max est exprimée en V

UR35min est exprimée en V

ΔV est exprimée en V



⇒ Umax :

$$UR35max = (R35max / R35max + R34min) \times 4,7$$

$$UR35max = ((1,01 \times 150) \times 4,7) / (1,01 \times 150) + (0,99 \times 680)$$

$$UR35max = 3,864 \text{ V}$$

⇒ Umin :

$$UR35min = (R35min / R35min + R34max) \times 4,7$$

$$UR35min = ((0,99 \times 680) \times 4,7) / (1,01 \times 150) + (0,99 \times 680)$$

$$UR35min = 3,836 \text{ V}$$

⇒ ΔV

$$\Delta V = UR35max - UR35min$$

$$\Delta V = 3,864 - 3,836$$

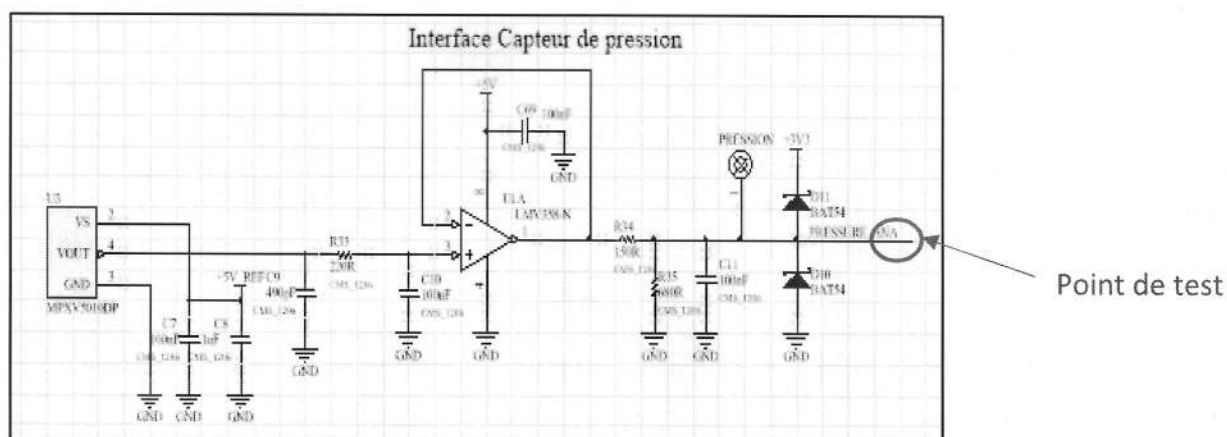
$$\Delta V = 0,03 \text{ V}$$

Le choix d'une tolérance à 1% n'entraînerais pas une modification trop importante de la tension en sortie, ce qui implique que les mesures réalisées grâce au capteur ne sont pas faussées ou venue à être trop modifiées. Il y'a donc une marge d'erreur de **0,03V** ce qui reste infime.

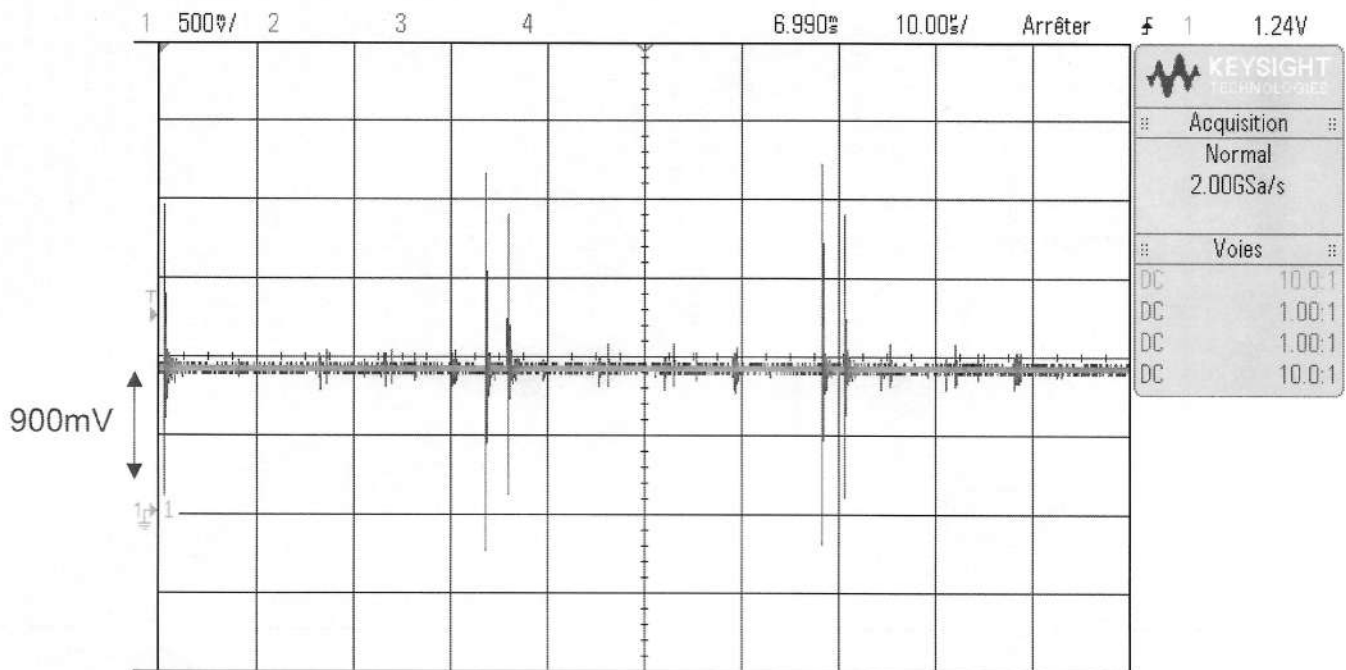
Les diodes Zener ont été placées de cette manière car le fait qu'elle soit polariser en inverse permet de maintenir la tension à 3,3V en cas de micro-coupure.

2.1.6 Relevés et tests

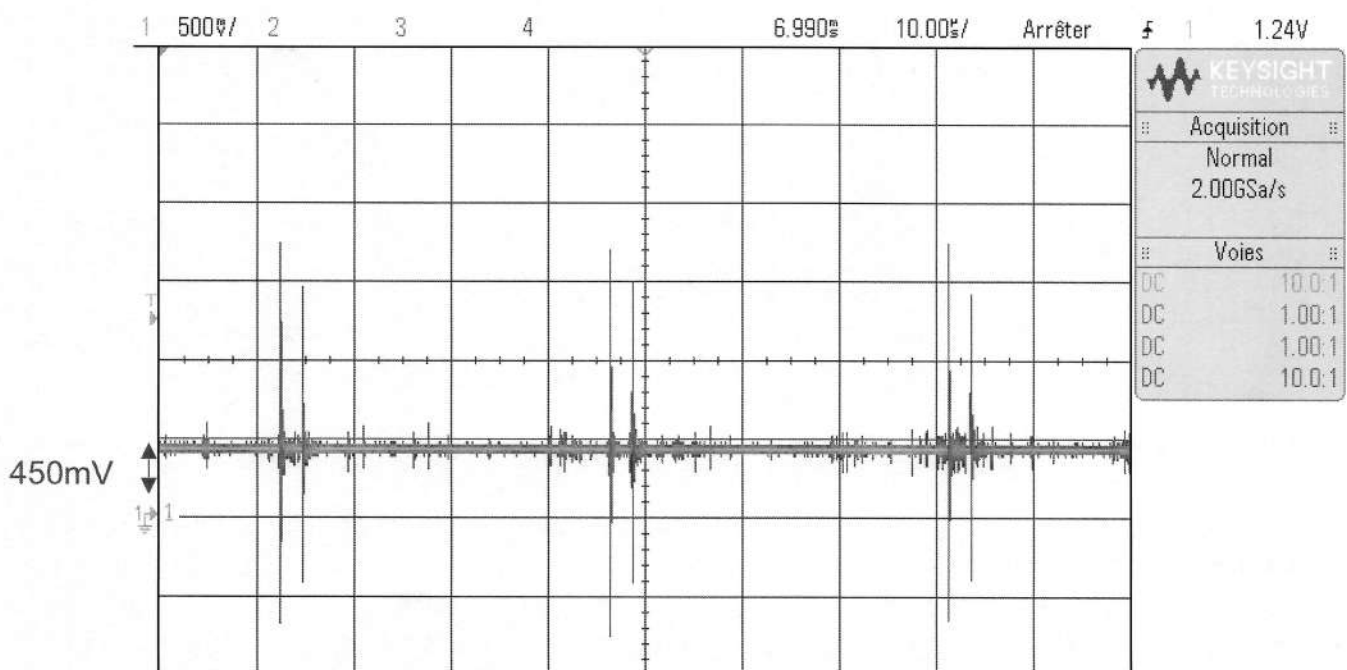
| | | | | |
|-----------------------|---|--|---|--------------------------|
| Élément testé : | Capteur MPXV5010DP | | | |
| Objectif du test : | Relevés de la pression | | | |
| Nom du testeur : | GABORIT Antonin | Date : 20/05/22 | | |
| Moyens mis en œuvre : | Logiciel : Visual Studio Code | Matériel : Multimètre + pinces de test + oscilloscope | | Outil de développement : |
| Procédure du test : | | | | |
| Id | Description du vecteur de test | Résultat attendu | Résultat obtenu | Validation (O/N) |
| | Mise sous tension du MakAir | Le capteur est bien sous tension et en fonctionnement. | Capteur fonctionnel | O |
| | Relevés de pression pendant la phase d'inspiration + expiration | La valeur de la tension en sortie du capteur est acquise | La tension est acquise | O |
| | Calcul de la pression | Tension de sortie converti en pression grâce à la fonction de transfert. | La valeur de la tension est interprétée | O |
| Conclusion du test : | | Ce test m'a permis d'interpréter la tension sur la broche de sortie Vs du capteur, pour pouvoir calculer la pression en mmH2O. | | |



-> Relevés de la pression quand la valve est pincée par le moteur (Expiration)



-> Relevés de la pression quand la valve n'est plus pincée par le moteur (Inspiration)



Voici les premiers relevés ayant été effectué sur le capteur MPXV5010DP, ci-dessus on peut remarquer une différence de tension entre les deux relevés, cette différence se justifie par le fait que dès lors que le moteur pince la valve d'air, la valeur de la pression varie elle aussi à son tour -> Inspiration / Expiration.

Calcul pour obtenir la pression

| | |
|--|--|
| VMESURÉE valeur mesurée avec l'oscilloscope en mV – 900mV | <u>Sensibilité V/P :</u> - 450 mV / mm - 4.413 mV / mm H2O |
| V/P sensibilité du capteur en mV / mmH2O. | $P \text{ (mm H2O)} = V_{\text{Mesurée}} \text{ (mV)} / V/P \text{ (mV/mmH2O)}$ |
| 1mmH2O <-> 9.80665 Pa | $P = 900 / 4.413$ <u>$P = 203.9 \text{ mmH2O}$</u> <u>$P = 2000.5566 \text{ Pa}$</u> |

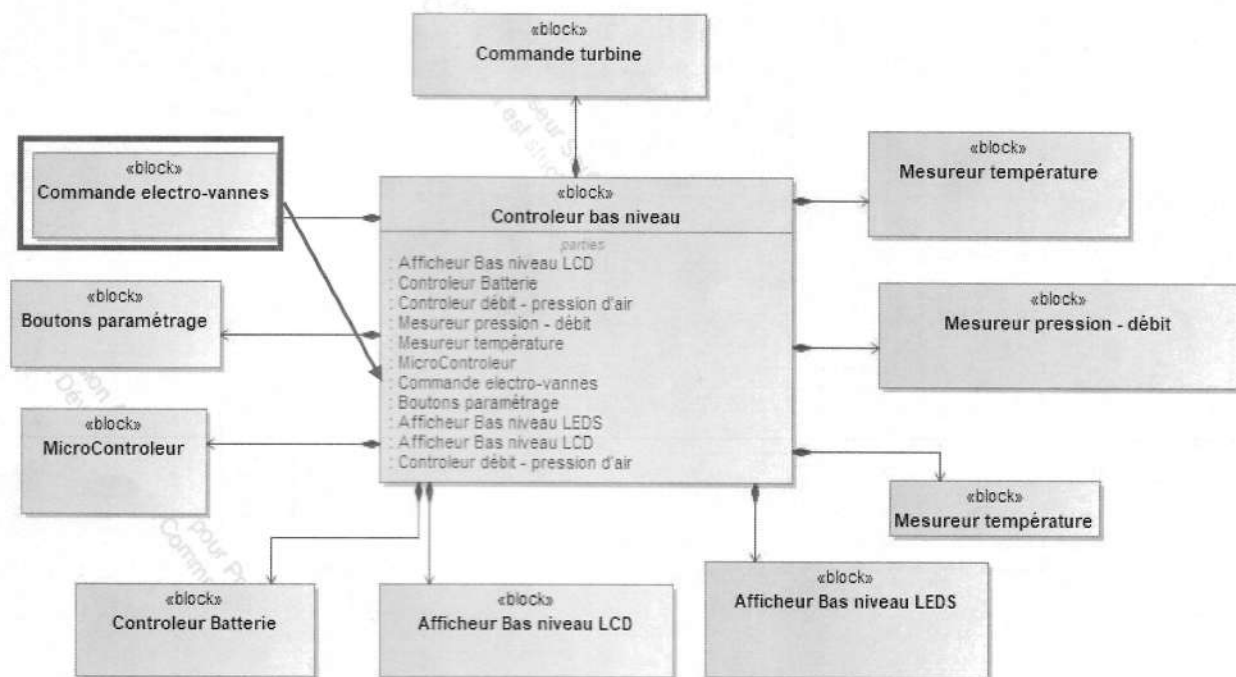
Perturbations sur les signaux

Les **perturbations** sur les relevés peuvent être liés à plusieurs facteurs :

- Origine « technique » : Mauvaises conception du circuit, absences de blindages, mauvais contact, pas de découpages des alimentations continues...
- Origine « environnementale » : Actions des grandeurs d'influences telles que la température ou l'humidité, vieillissements, défauts d'isolement...
- Origine « fondamentale » : La structure microscopique de la matière constituant les composants des circuits entraîne l'apparition de signaux aléatoires qu'on nomme le bruit de fond.

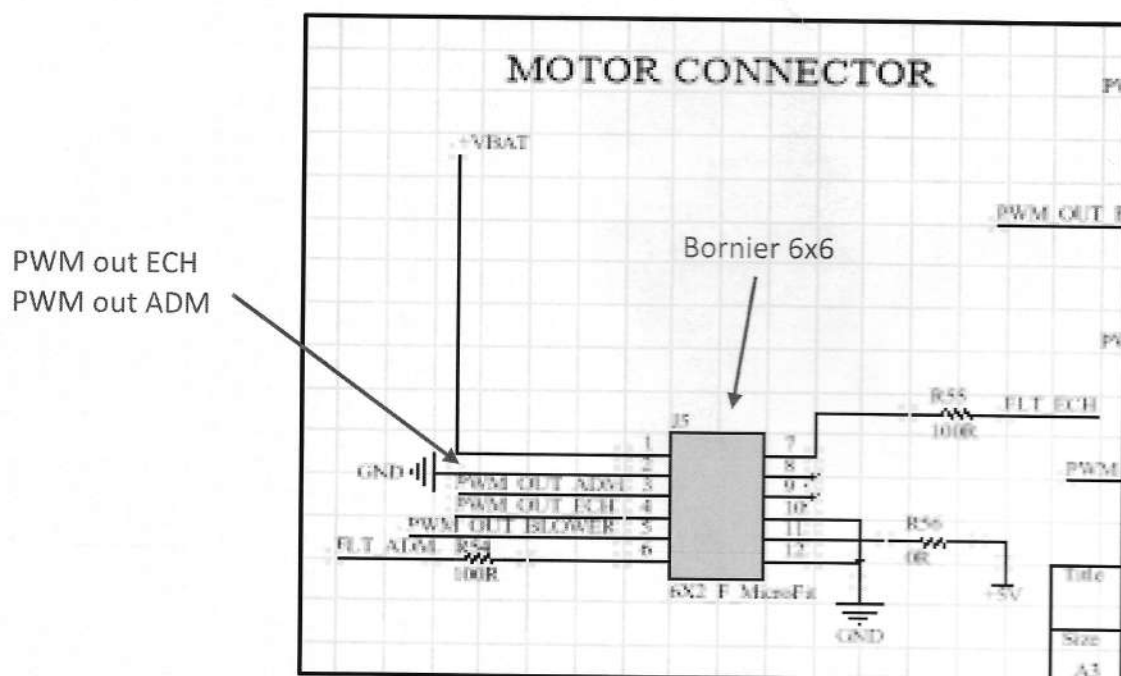
2.2 Commande des électrovannes

2.2.1 Diagramme de blocks



La commande des électrovannes rentre dans l'UCBN3 qui correspond au contrôle de la pression, en effet les actions des électrovannes auront un impact sur la variation de la pression.

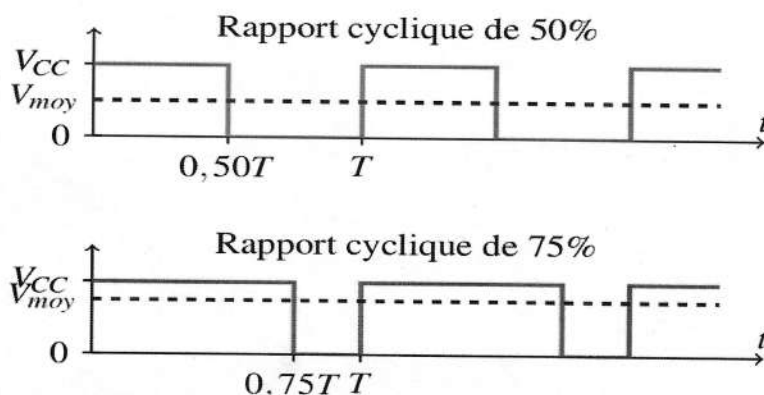
2.2.2 Moteur FAULHABER DC



2.2.3 Principe de fonctionnement

Les moteurs des électrovannes sont des servomoteurs CC (courant continu) sans balai, ils peuvent être commandés grâce à des commandes PWM comme celle présente sur la Nucléo F446RE.

Un signal **PWM** ou **MLI** (Modulation par Largeur d'Impulsion) transforme un signal numérique en signal analogique en modifiant sa durée d'activité et d'inactivité. C'est la variation du rapport cyclique ou l'augmentation de la largeur d'impulsion qui va faire augmenter ou diminuer la vitesse de rotation du moteur. Le terme « rapport cyclique » est utilisé pour décrire le pourcentage de temps passé à l'état actif et celui passé à l'état inactif du signal TOR (0 ou 1).

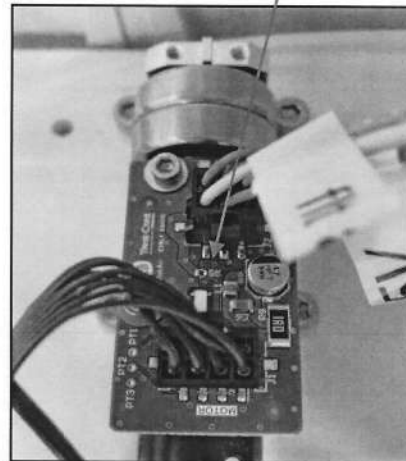


Les moteurs sont aussi équipés de capteurs à effet Hall qui sont utilisés pour détecter le changement de polarité des aimants, à partir de cette information, il crée un modèle unique à partir duquel le contrôleur peut déterminer la position du rotor. Les moteurs sont fournis avec des cartes contrôleurs comme ci dessous pour faire l'intermédiaire entre le bornier du moteur et le raccordement des phases A, B, C et des capteurs de Hall.

| Raccordement standard | | Options: 4935/4747 |
|-------------------------|-----------------------|--------------------|
| No. Fonction | Fonction | Coloieur |
| 1 Phase C | Phase C | jaune |
| 2 Phase B | Phase B | orange |
| 3 Phase A | Phase A | brun |
| 4 GND | GND | noir |
| 5 U ₀₀ (+5V) | U ₀₀ (+5V) | rouge |
| 6 Capteur de Hall C | Capteur de Hall C | gris |
| 7 Capteur de Hall B | Capteur de Hall B | bleu |
| 8 Capteur de Hall A | Capteur de Hall A | vert |

| Câble standard | | Options: 5327 |
|-----------------|--|-------------------------|
| Matériau PVC | | No. Fonction |
| 8 conducteurs, | | 1 Phase C |
| AWG 26, | | 2 Phase B |
| grille 1,27 mm, | | 3 Phase A |
| 4 fils étamés | | 4 GND |
| | | 5 U ₀₀ (+5V) |
| | | 6 NTC |
| | | 7 SIN |
| | | 8 COS |

Pinch Valve Controller



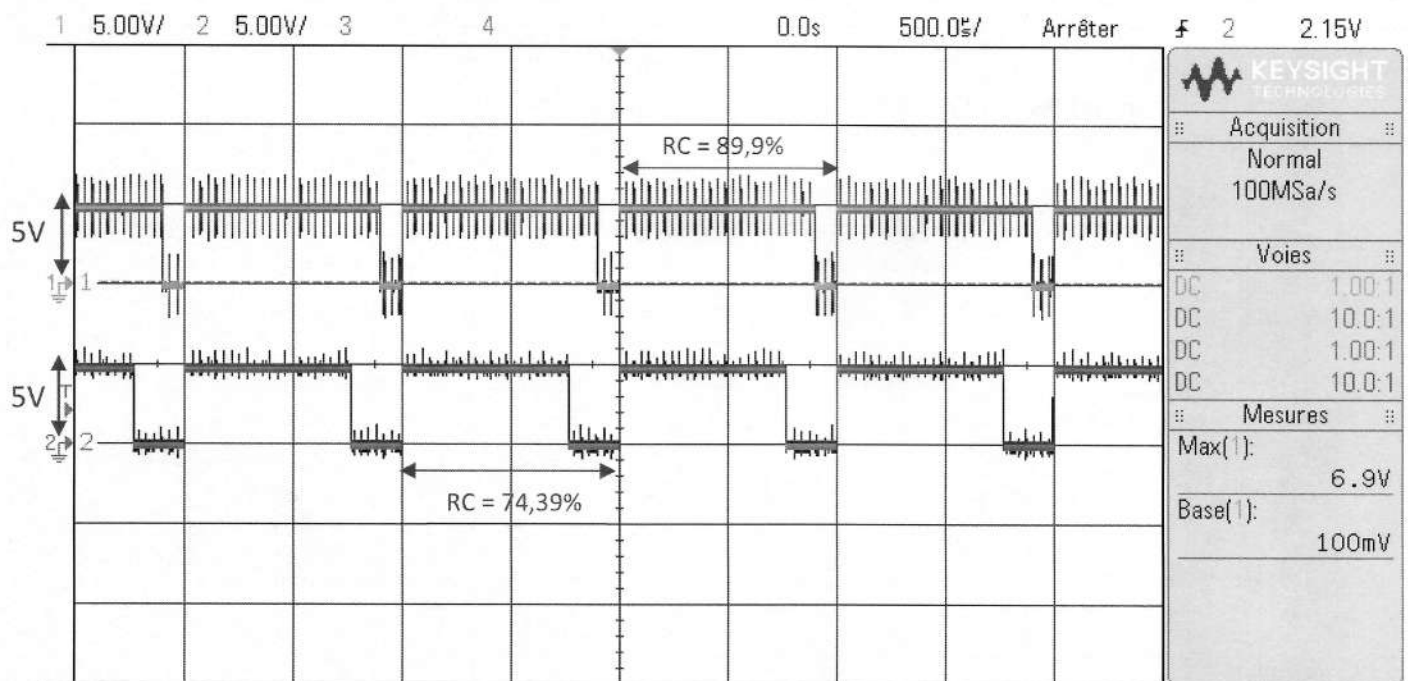
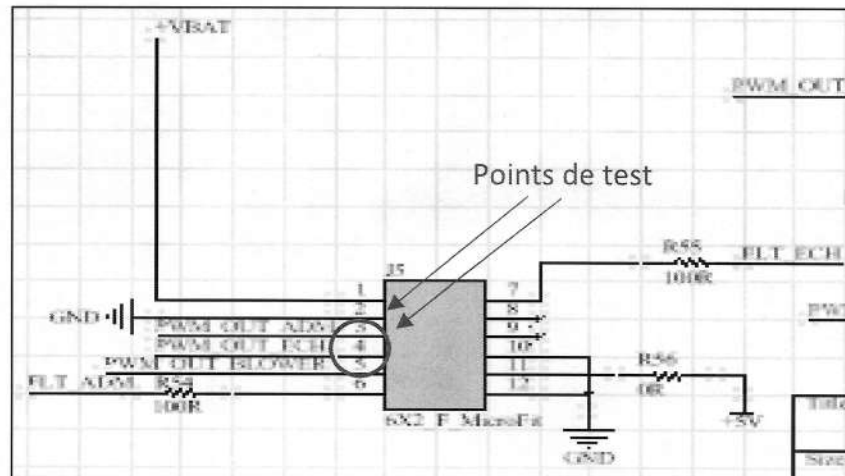
2.2.4 Justification des choix



Le choix du moteur du moteur FAULHABER BX4 se justifie par le fait qu'il soit « brushless » ou sans balai, ces types de moteur on des frottements moindres contrairement au moteur classique possédant un balai. Le choix se justifie par le fait qu'en médecine il est nécessaire de ne pas provoquer d'étincelle ce qui pourrait créer une flamme dans le MakAir au moment du contact entre le dioxygène et l'étincelle.

2.2.5 Relevés et tests

| | | | | |
|---|---|--|-------------------------------|------------------|
| Élément testé : | Moteur FAULHABER CC | | | |
| Objectif du test : | Observer la variation de vitesse | | | |
| Nom du testeur : | GABORIT Antonin | Date : 20/05/22 | | |
| Moyens mis en œuvre : | Logiciel : Visual Studio Code | Matériel : Multimètre + pinces de test + oscilloscope | Outil de développement : | |
| Procédure du test : | | | | |
| <ul style="list-style-type: none">- Souder un câble sur les broches PWM ECH/ADM du bornier- Brancher les pinces sur les fils et câbler les sondes sur l'oscilloscope- Mise sous tension du MakAir et de la carte- Observation des signaux en concordance des temps | | | | |
| Id | Description du vecteur de test | Résultat attendu | Résultat obtenu | Validation (O/N) |
| | Observation des signaux et la variation du rapport cyclique | Le rapport cyclique varie quand une électrovanne s'actionne | Variation du rapport cyclique | O |
| Conclusion du test : | | Pour conclure, le test a été satisfaisant et a permis de pouvoir observer l'actionnement des électrovannes en concordance des temps et mieux comprendre leurs fonctionnements. | | |

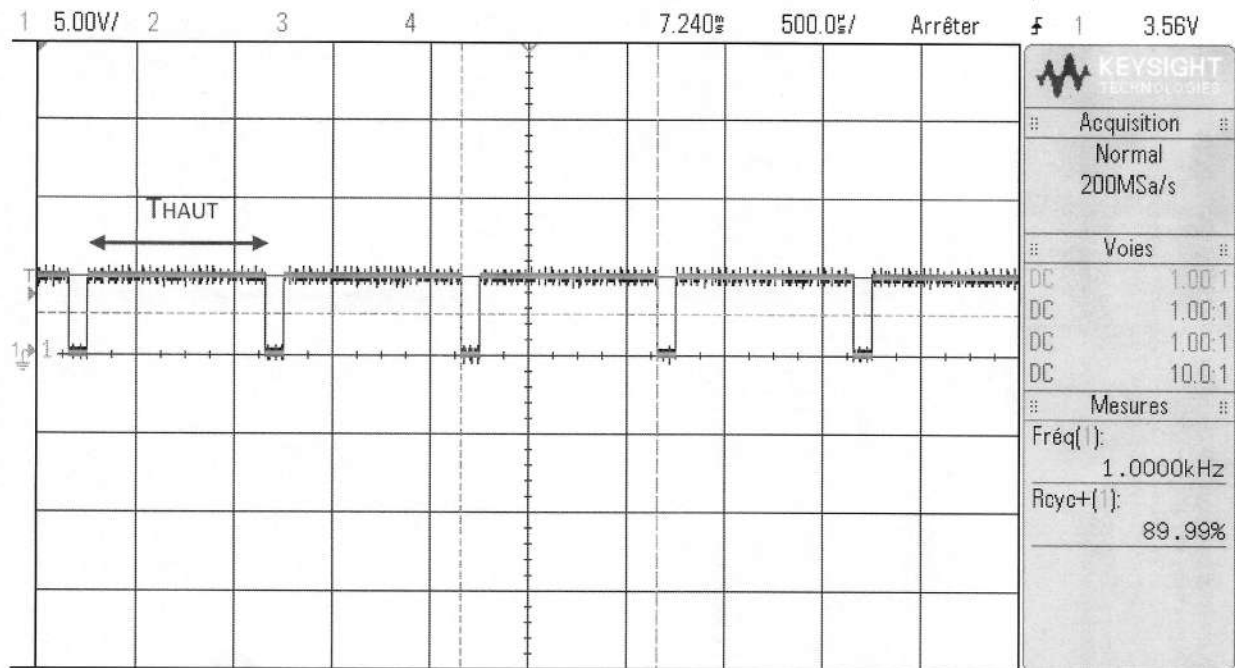


-> Relevés des broches PWM en concordance des temps

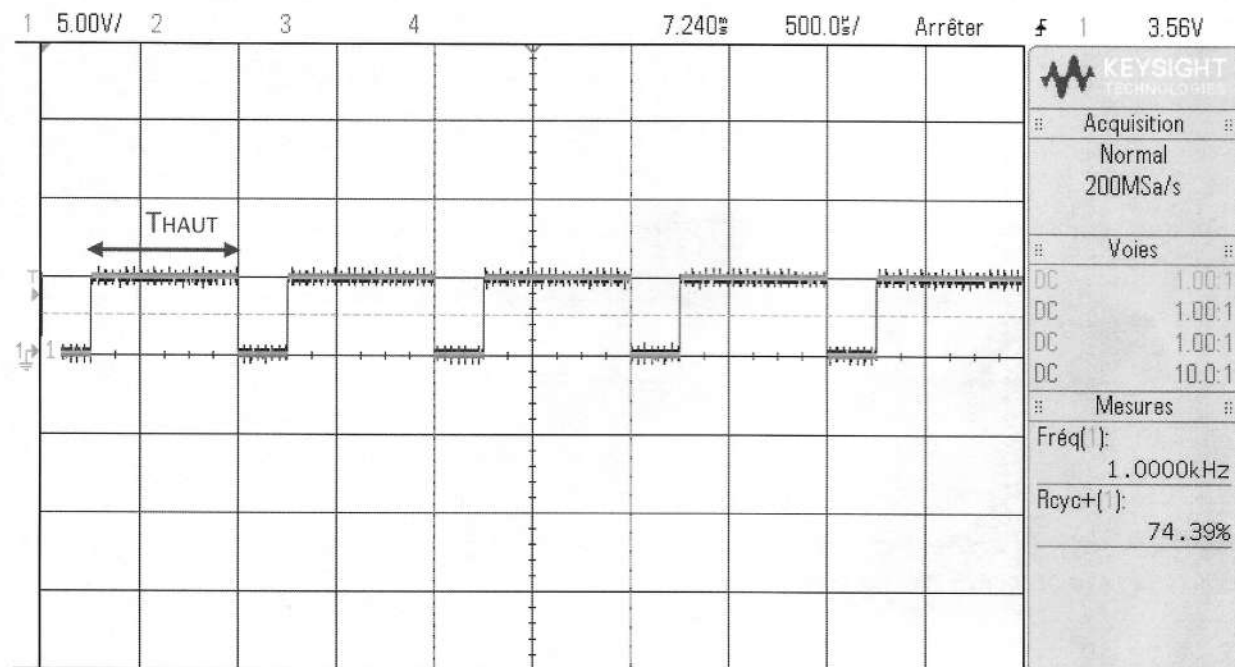
La trame orange représente la broche **PWM out ADM (inspiration)**, la trame verte représente la broche **PWM out ECH (expiration)**. Sur ce relevé on peut observer que le rapport cyclique de la broche ADM est de 89.9% et celui de la broche ECH est de 74,39%, cela révèle le bon fonctionnement des moteurs en concordance des temps.

On remarque aussi que les deux électrovannes ne s'actionnent jamais en même temps, cela est dû à la respiration du patient ce qui oblige les moteurs à respecter le cycle d'inspiration et d'expiration.

-> Relevés de la broche PWM out ADM avec un rapport cyclique de 89,99%



-> Relevés de la broche PWM out ADM avec un rapport cyclique de 74,39%



Dans le premier relevé le patient est en phase d'expiration et dans le second on observe un changement de rapport cyclique ce qui signifie que le moteur lié à la broche ADM est en action pour l'inspiration.

$$RC = (THAUT / T) \times 100$$

$$RC = 74.3\%$$

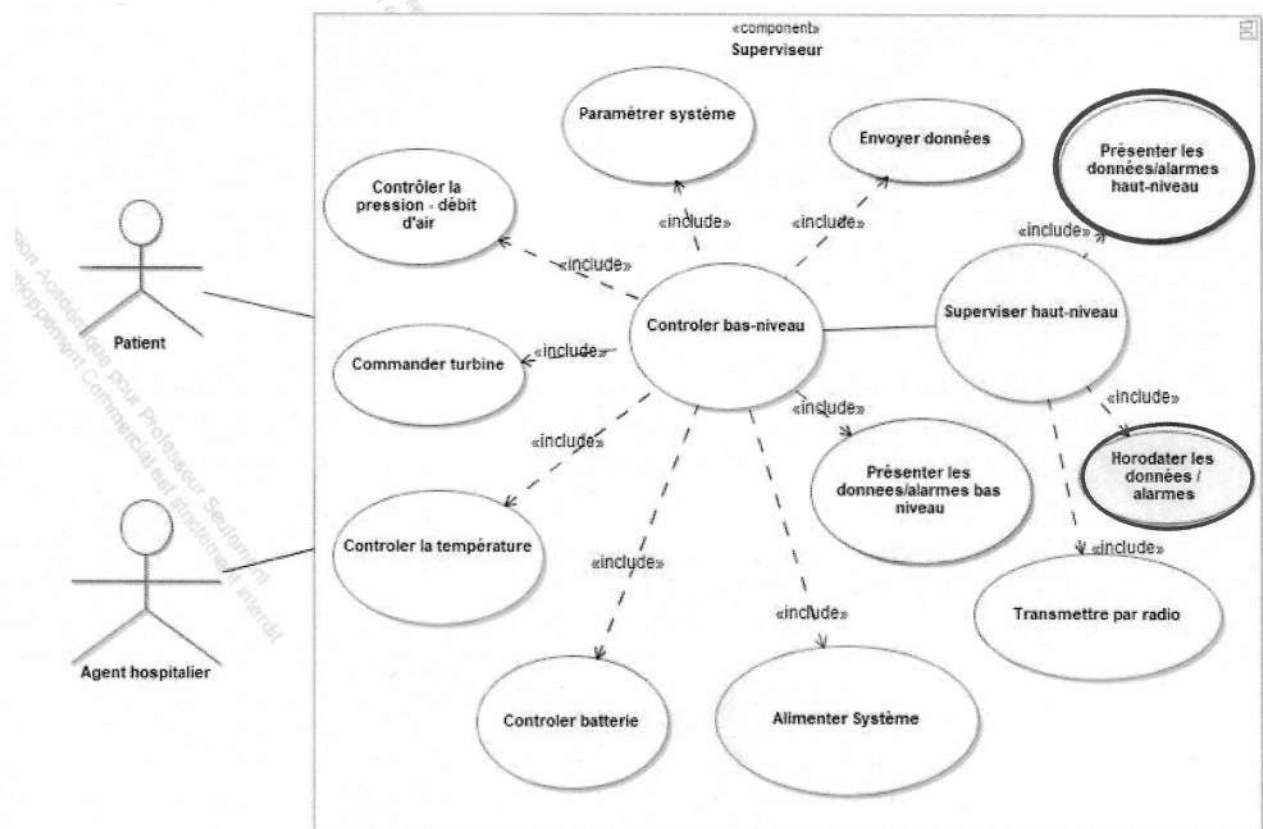
$$RC = (734 \mu s / 1000 \mu s) \times 100$$

2.3 Contrôle du buzzer

2.3.1 Cahier des charges

| | |
|---------------------------------|--|
| Nom du cas d'utilisation | UCBN8 – Présenter les données/Alarmes bas niveau |
| Pré-condition(s) | Le MakAir est allumé et configuré. Il est opérationnel. Les différentes données/alarmes à afficher sont disponibles |
| Scénario nominal | De manière automatique et complètement autonome, le MakAir affiche sur l'afficheur bas niveau les données/alarmes disponibles. |
| Séquencement | Toutes les TAffichage secondes, les données/alarmes sont affichées. |
| Post-condition | Les données/alarmes sont correctement affichées. |
| Exigences | |

2.3.2 Diagramme des cas d'utilisations



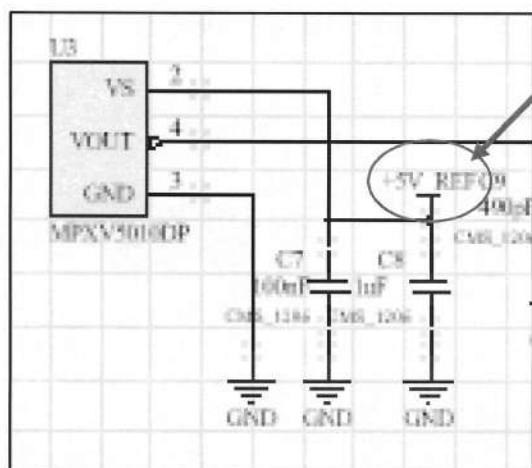
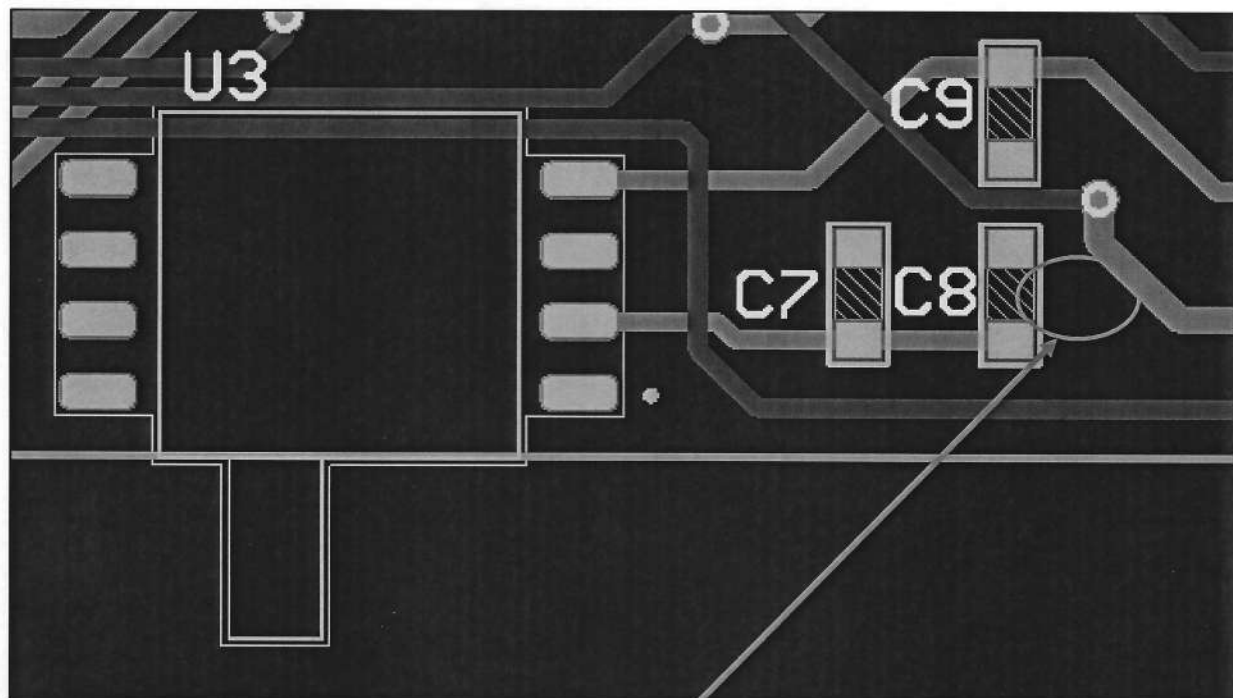
2.3.3 Justification des choix



| Part Number | ABI-017-RC | ABI-018-RC |
|---------------------------|----------------|------------|
| Rated Voltage | 5V DC | 12V DC |
| Operating Voltage | 4 ~ 7VDC | 8 ~ 15V DC |
| Rated Current | ≤ 30mA | ≤ 30mA |
| Sound Output level @ 20cm | ≥ 88dB | ≥ 85dB |
| Resonant Frequency | 2400Hz ±400Hz | |
| Tone | Continuous | |
| Housing Material | PPS | |
| Operating Temperature | -20°C to +70°C | |
| Storage Temperature | -30°C to +80°C | |
| Weight | 2g | |

J'ai choisi d'utiliser un buzzer ABI-017-RC du magasin Saint Gab' car ceux-ci sont très simple d'utilisation au niveau du câblage et de la programmation. Il fonctionne avec une tension d'alimentation de 4 à 7V, il est donc utilisable directement avec la Nucléo F446RE.

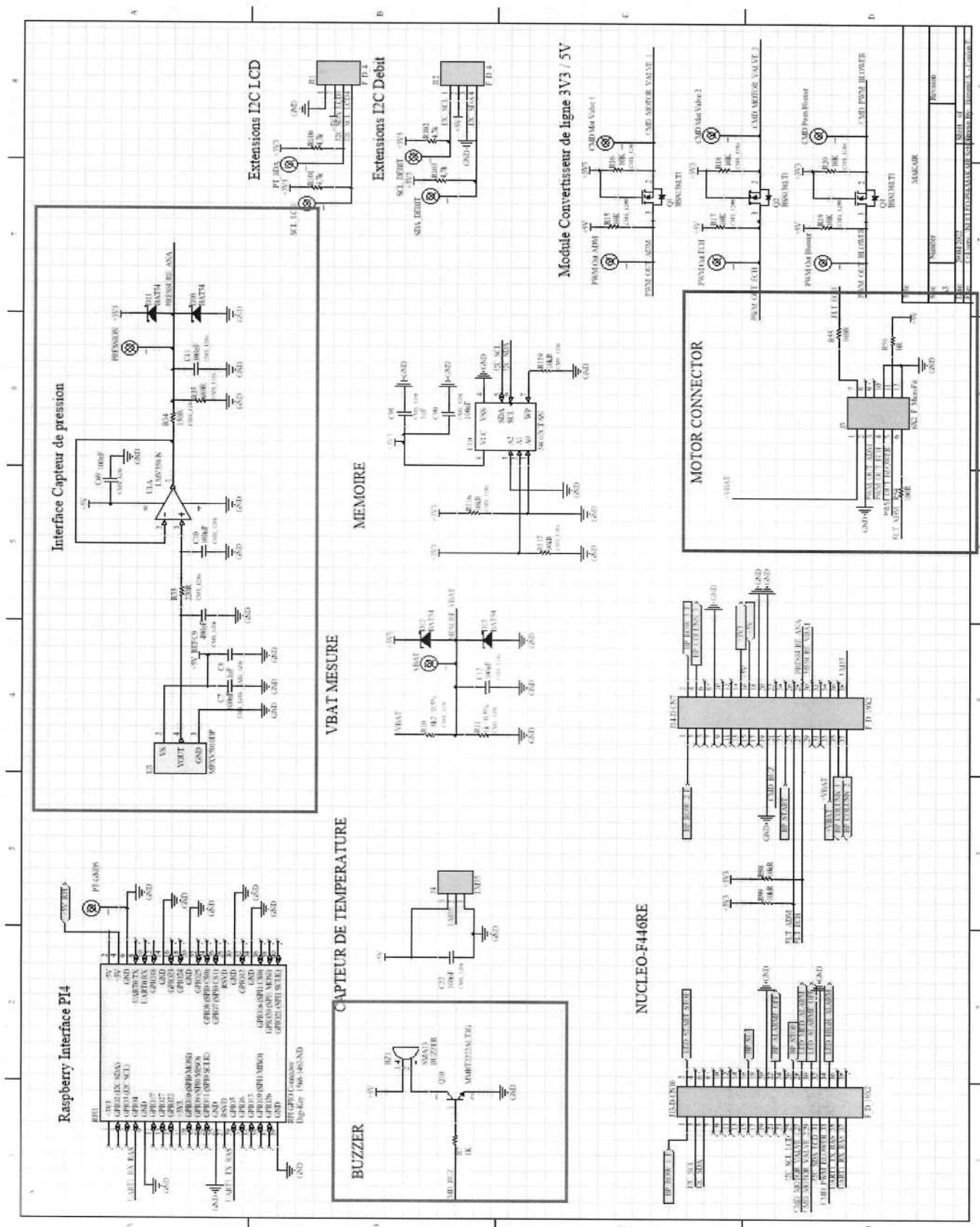
2.4 Problèmes rencontrés

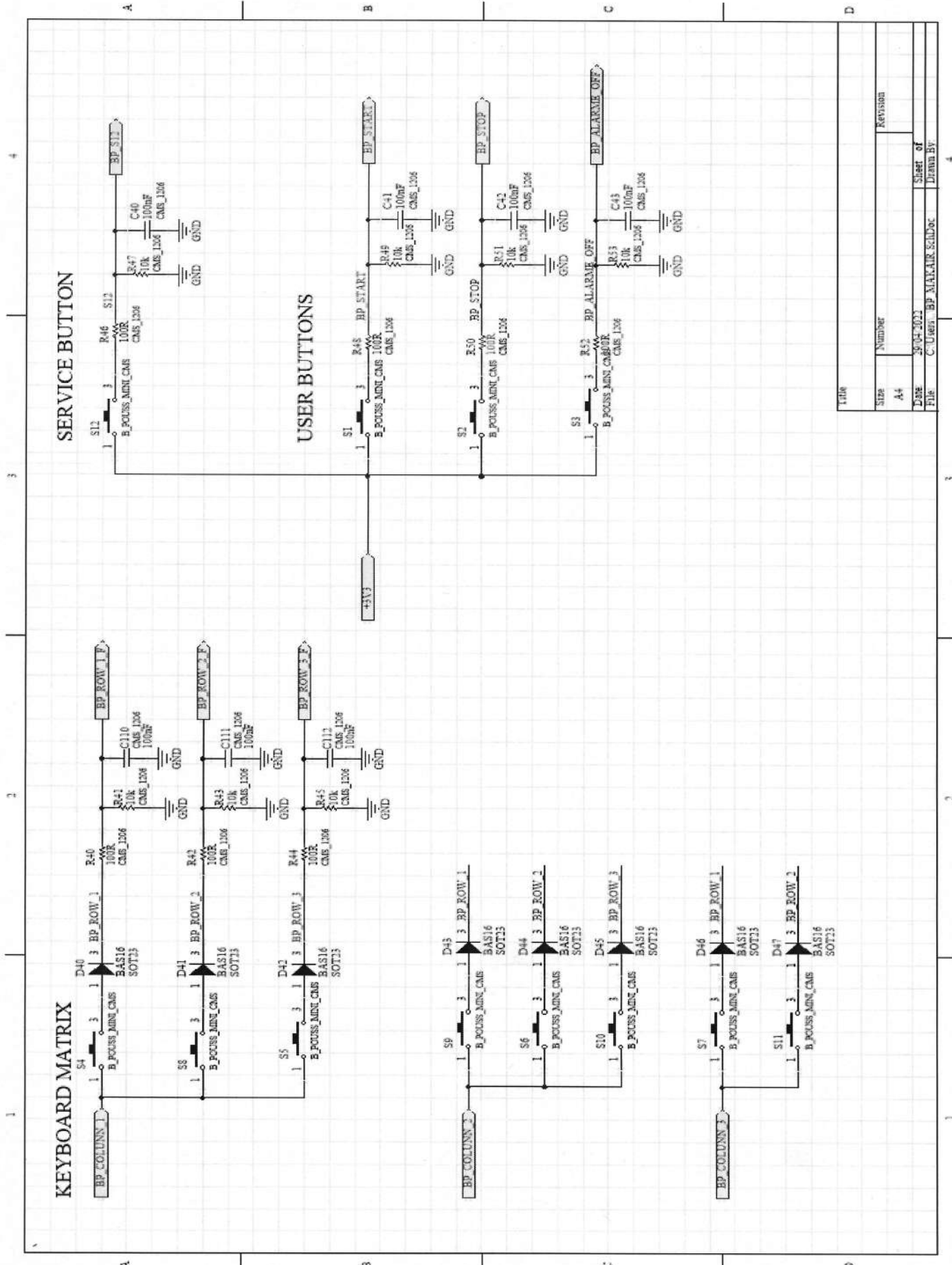


J'ai rencontré quelques problèmes, notamment après la conception de la carte. On peut voir que la broche VS doit être alimentée en 5V. Pendant la phase de soudure des composants sur la carte je me suis rendu compte que la broche de mon capteur n'était pas alimentée, il manque donc une piste pour pouvoir alimenter le capteur en 5V. Pour combler ce problème j'ai dû me munir d'une alimentation externe de Labo pour essayer le faire fonctionner.

3 FABRICATION DE LA CARTE

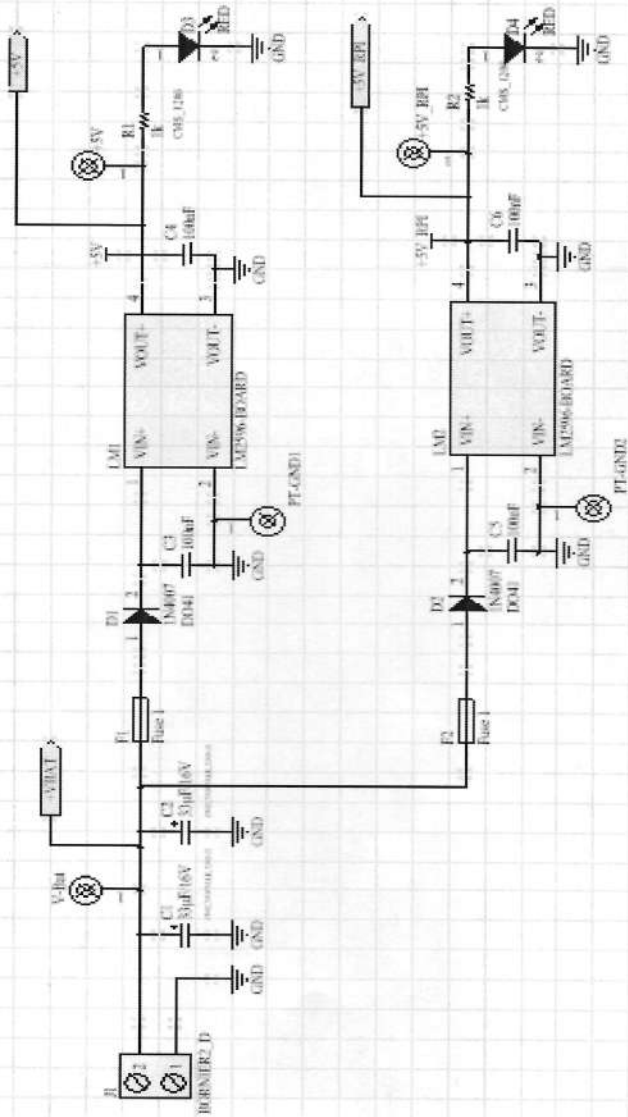
3.1 Schéma structurel





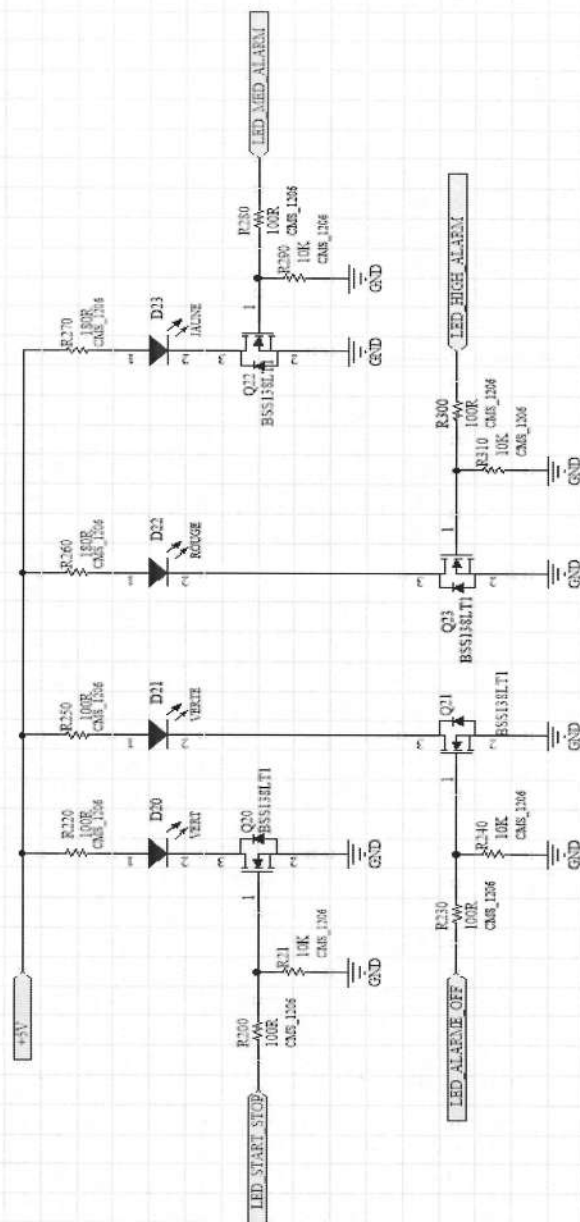
| Title | |
|-------|----------|
| Size | Number |
| A4 | Revision |
| Date | Sheet of |
| File | Drawn by |

ALIMENTATION



| | | | | |
|-------|--|------------------------------------|----------|----------|
| Title | | Size | Number | Revision |
| | | A4 | | |
| Date | | 20/04/2022 | Size of | |
| File | | C:\Users\Alimentation\AKA\B\Sch\B\ | Sheet of | |

LED OUTPUTS



| Title | | |
|-------|-----------------------------|----------|
| Size | Number | Revision |
| A4 | | |
| Date | 29/04/2022 | Sheet of |
| File | C:\Users\Tadab\ALARM SchDoc | Drawn by |

4 PROGRAMME

4.1 Présentation du programme

```
#include <Arduino.h>

#define ADM PA7
#define ECH PA6
#define PRE PA2
#define BUZZER 7

const float pMinimale = 800.0; //Pression minimale en mmH2O
const float Vs = 5.0;
const int a = 1;

void setup() {

  pinMode(BUZZER, OUTPUT);      // Broche du buzzer
  pinMode(ADM, OUTPUT);         // PWM out ADM -> PA7 = PIN A6
  pinMode(ECH, OUTPUT);        // PWM out ECh -> PA6 = PIN A7
  pinMode(PRE, OUTPUT);        // Broche du capteur de pression -> PA2 = PIN A15

  Serial.begin(9600);           // Déclenchement du moniteur série
}

void loop() {

  //-----//
  // Relevé de la pression

  float sensorValue = 1133.0 * (analogRead(PRE) / Vs) - 45.0; // P(mmH2O) =
  1133(Vout/Vs) - 45
  Serial.println(sensorValue); //Affichage sur le moniteur série

  //-----//
  // Déclenchement du buzzer -> 4 signaux sonore pour une alarme

  while (sensorValue > pMinimale){

    for (int i = 0; i < 4 ; i++){

      digitalWrite(BUZZER, HIGH);
      delayMicroseconds(200);
      digitalWrite(BUZZER, LOW);

    }

  }
}
```

```

//-----
//-----//
// Lien entre la valeur de la sortie analogique et le rapport cyclique
// Pour un rapport cyclique de 100% -> Valeur de sortie à 255
// Pour un rapport cyclique de 0% -> Valeur de sortie à 255
//-----
//-----//
// Commande des moteurs

while(a = 1){

// Phase d'inspiration
    analogWrite(ADM, 229); // Le moteur ADM (inspiration) s'actionne -> RC = 89,9%
    analogWrite(ECH, 189); // Le moteur ECH (expiration) n'est pas actionner -> RC
= 74.39%
    delayMicroseconds(900);

// Phase d'expiration
    analogWrite(ECH, 229); // Le moteur ECH (expiration) s'actionne -> RC = 89,9%
    analogWrite(ADM, 189); // Le moteur ADM (inspiration) n'est pas actionner ->
RC = 74.39%
    delayMicroseconds(900);

}

}

```

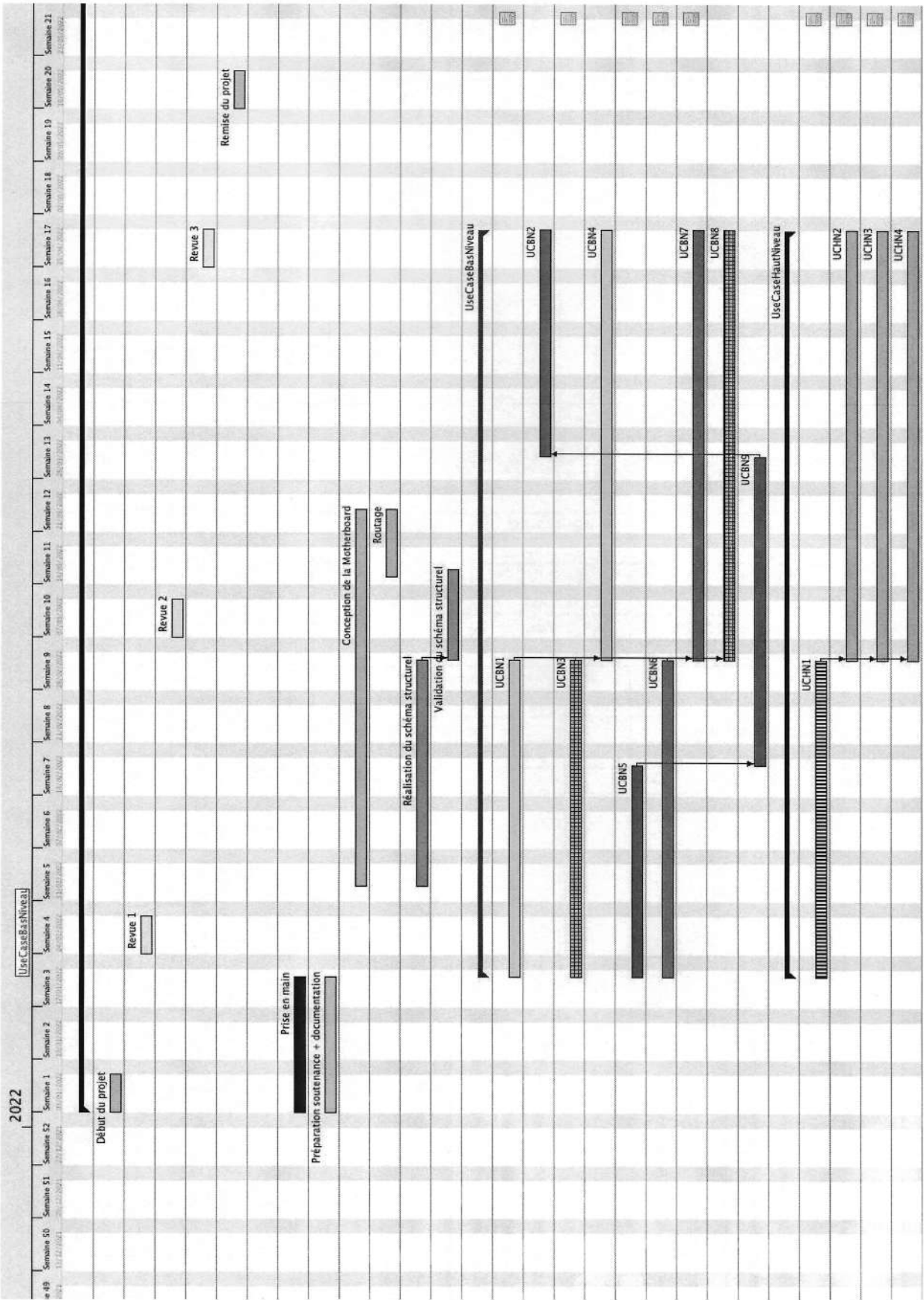
5 CONCLUSION

Ce projet m'a permis de diriger une équipe et de m'initier au rôle de chef de projet. Celui-ci m'a permis de découvrir le fonctionnement de différents composants tels que des moteurs et un capteur. J'ai beaucoup aimé le travail en groupe, notamment le fait que chacun puisse amener différents conseils à ses coéquipiers tout au long du projet. J'ai constaté que gérer une équipe et mener à bien un projet tout en organisant les différentes tâches était un travail qui demandait beaucoup de rigueur et de concentration.

Au niveau technique, le projet n'est pas totalement terminé au niveau de la mise en commun des différentes tâches réalisées. Il reste cette partie de mise en commun pour finalisé le projet.

6 ANNEXES

6.1 Diagramme de Gantt

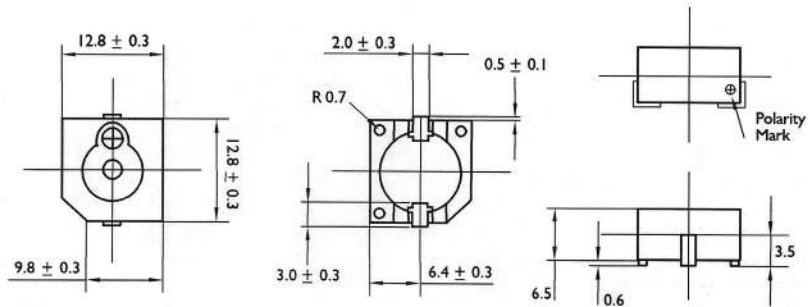


Electro Mechanical Indicators

multicompPRO

DC Devices (with internal drive circuits)

Surface Mount Type



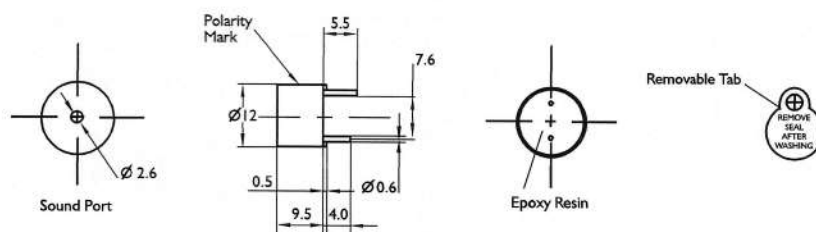
Dimensions : Millimetres
Tolerance: $\pm 0.5\text{mm}$

Specifications

| Part Number | ABI-017-RC | ABI-018-RC |
|---------------------------|--|--------------------|
| Rated Voltage | 5V DC | 12V DC |
| Operating Voltage | 4 ~ 7VDC | 8 ~ 15V DC |
| Rated Current | $\leq 30\text{mA}$ | $\leq 30\text{mA}$ |
| Sound Output level @ 20cm | $\geq 88\text{dB}$ | $\geq 85\text{dB}$ |
| Resonant Frequency | 2400Hz $\pm 400\text{Hz}$ | |
| Tone | Continuous | |
| Housing Material | PPS | |
| Operating Temperature | -20°C to $+70^{\circ}\text{C}$ | |
| Storage Temperature | -30°C to $+80^{\circ}\text{C}$ | |
| Weight | 2g | |

Through Hole Type

ABI-009-RC & ABI-010-RC



Dimensions : Millimetres
Tolerance: $\pm 0.5\text{mm}$

Newark.com/multicomp-pro
Farnell.com/multicomp-pro
Element14.com/multicomp-pro

multicompPRO



Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

The MPxx5010 series piezoresistive transducers are state-of-the-art monolithic silicon pressure sensors designed for a wide range of applications, but particularly those employing a microcontroller or microprocessor with A/D inputs. This transducer combines advanced micromachining techniques, thin-film metallization, and bipolar processing to provide an accurate, high level analog output signal that is proportional to the applied pressure. The axial port has been modified to accommodate industrial grade tubing.

Features

- 5.0% Maximum Error over 0° to 85°C
- Ideally Suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Durable Epoxy Unibody and Thermoplastic (PPS) Surface Mount Package
- Temperature Compensated over -40° to +125°C
- Patented Silicon Shear Stress Strain Gauge
- Available in Differential and Gauge Configurations
- Available in Surface Mount (SMT) or Through-hole (DIP) Configurations

MPX5010 MPXV5010 MPVZ5010 Series

0 to 10 kPa (0 to 1.45 psi)
(0 to 1019.78 mm H₂O)
0.2 to 4.7 V Output

Application Examples

- Hospital Beds
- HVAC
- Respiratory Systems
- Process Control
- Washing Machine Water Level Measurement (Reference AN1950)
- Ideally Suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Appliance Liquid Level and Pressure Measurement

| ORDERING INFORMATION | | | | | | | | |
|---|----------|------------|--------|------|---------------|--------------|----------|----------------|
| Device Name | Case No. | # of Ports | | | Pressure Type | | | Device Marking |
| | | None | Single | Dual | Gauge | Differential | Absolute | |
| Unibody Package (MPX5010 Series) | | | | | | | | |
| MPX5010DP | 867C | | | * | | * | | MPX5010DP |
| MPX5010GP | 867B | | * | | * | | | MPX5010GP |
| MPX5010GS | 867E | | * | | * | | | MPX5010D |
| MPX5010GSX | 867F | | * | | * | | | MPX5010D |
| Small Outline Package (MPXV5010 Series) | | | | | | | | |
| MPXV5010DP | 1351 | | | * | | * | | MPXV5010DP |
| MPXV5010G6U | 482 | * | | | * | | | MPXV5010G |
| MPXV5010GC6T1 | 482A | | * | | * | | | MPXV5010G |
| MPXV5010GC6U | 482A | | * | | * | | | MPXV5010G |
| MPXV5010GC7U | 482C | | * | | * | | | MPXV5010G |
| MPXV5010GP | 1369 | | * | | * | | | MPXV5010GP |
| Small Outline Package (Media Resistant Gel) (MPVZ5010 Series) | | | | | | | | |
| MPVZ5010G6U | 482 | * | | | * | | | MPVZ5010G |
| MPVZ5010G7U | 482B | * | | | * | | | MPVZ5010G |
| MPVZ5010GW6U | 1735 | | * | | * | | | MZ5010GW |
| MPVZ5010GW7U | 1560 | | * | | * | | | MZ5010GW |

Operating Characteristics

Table 1. Operating Characteristics ($V_S = 5.0$ Vdc, $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted, $P1 > P2$. Decoupling circuit shown in Figure 3 required to meet specification.)

| Characteristic | Symbol | Min | Typ | Max | Unit |
|---|-----------|-------|--------------|---------------|---------------------------------|
| Pressure Range | P_{OP} | 0 | — | 10 1019.78 | kPa mm H ₂ O |
| Supply Voltage ⁽¹⁾ | V_S | 4.75 | 5.0 | 5.25 | Vdc |
| Supply Current | I_o | — | 5.0 | 10 | mAdc |
| Minimum Pressure Offset ⁽²⁾ @ $V_S = 5.0$ Volts | V_{off} | 0 | 0.2 | 0.425 | Vdc |
| Full Scale Output ⁽³⁾ @ $V_S = 5.0$ Volts | V_{FSO} | 4.475 | 4.7 | 4.925 | Vdc |
| Full Scale Span ⁽⁴⁾ @ $V_S = 5.0$ Volts | V_{FSS} | 4.275 | 4.5 | 4.725 | Vdc |
| Accuracy ⁽⁵⁾ | — | — | — | ±5.0 | % V_{FSS} |
| Sensitivity | V/P | — | 450 4.413 | — | mV/mm mV/mm H ₂ O |
| Response Time ⁽⁶⁾ | t_R | — | 1.0 | — | ms |
| Output Source Current at Full Scale Output | I_{O+} | — | 0.1 | — | mAdc |
| Warm-Up Time ⁽⁷⁾ | — | — | 20 | — | ms |
| Offset Stability ⁽⁸⁾ | — | — | ±0.5 | — | % V_{FSS} |

1. Device is ratiometric within this specified excitation range.

2. Offset (V_{off}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.

3. Full Scale Output (V_{FSO}) is defined as the output voltage at the maximum or full rated pressure.

4. Full Scale Span (V_{FSS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.

5. Accuracy (error budget) consists of the following:

Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure over the specified pressure range.

Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.

Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from the minimum or maximum rated pressure, at 25°C .

TcSpan: Output deviation over the temperature range of 0° to 85°C , relative to 25°C .

TcOffset: Output deviation with minimum rated pressure applied, over the temperature range of 0° to 85°C , relative to 25°C .

Variation from Nominal: The variation from nominal values, for Offset or Full Scale Span, as a percent of V_{FSS} , at 25°C .

6. Response Time is defined as the time for the incremental change in the output to go from 10% to 90% of its final value when subjected to a specified step change in pressure.

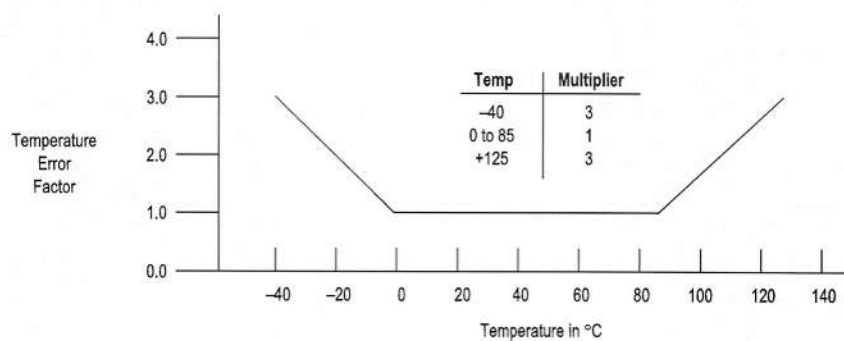
7. Warm-up Time is defined as the time required for the product to meet the specified output voltage after the Pressure has been stabilized.

8. Offset Stability is the product's output deviation when subjected to 1000 hours of Pulsed Pressure, Temperature Cycling with Bias Test.

Transfer Function

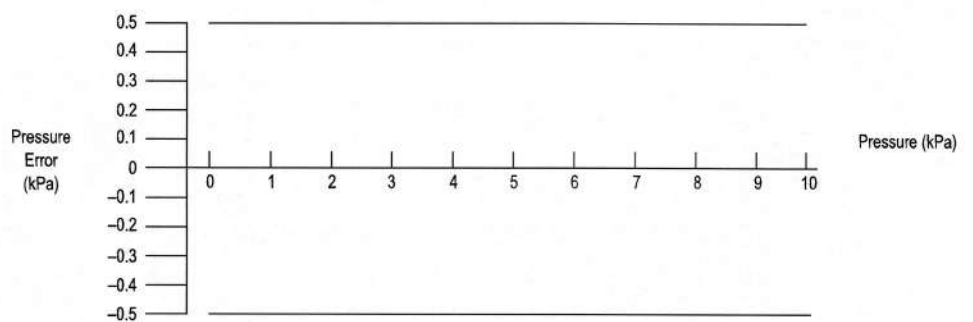
Nominal Transfer Value: $V_{out} = V_S \times (0.09 \times P + 0.04)$
 $\pm (\text{Pressure Error} \times \text{Temp. Factor} \times 0.09 \times V_S)$
 $V_S = 5.0 \text{ V} \pm 0.25 \text{ Vdc}$

Temperature Error Band



NOTE: The Temperature Multiplier is a linear response from 0° to -40°C and from 85° to 125°C.

Pressure Error Band



| Pressure | Error (Max) |
|---------------|-------------|
| 0 to 10 (kPa) | ±0.5 (kPa) |

Servomoteurs C.C. sans balais

Technologie 4-pôles

18 mNm

23 W

Série 2232 ... BX4

| Valeurs à 22°C et à tension nominale | | 2232 S | 006 BX4 | 012 BX4 | 015 BX4 | 018 BX4 | 024 BX4 | |
|---|---|-------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|
| 1 | Tension nominale | U_N | 6 | 12 | 15 | 18 | 24 | V |
| 2 | Résistance de phase | R | 0,73 | 3,5 | 4,58 | 7,04 | 12,5 | Ω |
| 3 | Rendement, max. | η_{max} | 74 | 74 | 74 | 73 | 74 | % |
| 4 | Vitesse à vide | n_0 | 7 100 | 6 700 | 7 100 | 7 100 | 7 100 | min ⁻¹ |
| 5 | Courant à vide, typ. (avec l'arbre ø 3 mm) | I_0 | 0,16 | 0,072 | 0,06 | 0,053 | 0,039 | A |
| 6 | Couple de démarrage | M_H | 64,7 | 58,7 | 64 | 60,7 | 61,7 | mNm |
| 7 | Couple de frottement statique | C_0 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | mNm |
| 8 | Coefficient de frottement dynamique | C_v | $1,1 \cdot 10^{-4}$ | $1,1 \cdot 10^{-4}$ | $1,1 \cdot 10^{-4}$ | $1,1 \cdot 10^{-4}$ | $1,1 \cdot 10^{-4}$ | mNm/min ⁻¹ |
| 9 | Constante de vitesse | k_n | 1 198 | 562 | 480 | 399 | 295 | min ⁻¹ /V |
| 10 | Constante FEM | k_E | 0,835 | 1,78 | 2,08 | 2,504 | 3,393 | mV/min ⁻¹ |
| 11 | Constante de couple | k_M | 7,97 | 17 | 19,9 | 23,9 | 32,4 | mNm/A |
| 12 | Constante de courant | k_i | 0,125 | 0,059 | 0,05 | 0,042 | 0,031 | A/mNm |
| 13 | Pente de la courbe n/M | $\Delta n / \Delta M$ | 110 | 114 | 110 | 118 | 114 | min ⁻¹ /mNm |
| 14 | Inductance de phase | L | 25 | 115 | 156 | 225 | 410 | μ H |
| 15 | Constante de temps mécanique | τ_m | 5,9 | 6,1 | 5,9 | 6,3 | 6,1 | ms |
| 16 | Inertie du rotor | J | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | gcm ² |
| 17 | Accélération angulaire | α_{max} | 127 | 115 | 125 | 119 | 121 | $\cdot 10^3$ rad/s ² |
| | | | | | | | | |
| 18 | Résistances thermiques | R_{th1} / R_{th2} | 3,9 / 18,8 | | | | | K/W |
| 19 | Constantes de temps thermiques | τ_{w1} / τ_{w2} | 7,9 / 520 | | | | | s |
| 20 | Températures d'utilisation: | | | | | | | |
| | – moteur | | -40 ... +100 | | | | | °C |
| | – rotor max. admissible | | +125 | | | | | °C |
| 21 | Paliers de l'arbre | | roulements à billes précontraints | | | | | |
| 22 | Charge max. sur l'arbre: | | | | | | | |
| | – diamètre de l'arbre | | 3 | | | | | mm |
| | – radiale à 3 000 min ⁻¹ (5 mm de la flasque frontale) | | 20 | | | | | N |
| | – axiale à 3 000 min ⁻¹ (pression / traction) | | 2 | | | | | N |
| | – axiale à l'arrêt (pression / traction) | | 20 | | | | | N |
| 23 | Jeu de l'arbre: | | | | | | | |
| | – radial | \leq | 0,015 | | | | | mm |
| | – axial | $=$ | 0 | | | | | mm |
| 24 | Matériau du boîtier | | acier inoxydable | | | | | |
| 25 | Masse | | 65 | | | | | g |
| 26 | Sens de rotation | | réversible électroniquement | | | | | |
| 27 | Vitesse jusqu'à | n_{max} | 29 000 | | | | | min ⁻¹ |
| 28 | Nombre de paires de pôles | | 2 | | | | | |
| 29 | Capteurs de Hall | | digitaux | | | | | |
| 30 | Matériau de l'aimant | | NdFeB | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Valeurs nominales en service permanent | | | | | | | | |
| 31 | Couple nominal | M_N | 14,8 | 14,7 | 14,8 | 14,3 | 14,6 | mNm |
| 32 | Courant nominal (limite thermique) | I_N | 2,22 | 1 | 0,89 | 0,72 | 0,54 | A |
| 33 | Vitesse nominale | n_N | 5 030 | 4 450 | 5 040 | 4 930 | 4 840 | min ⁻¹ |

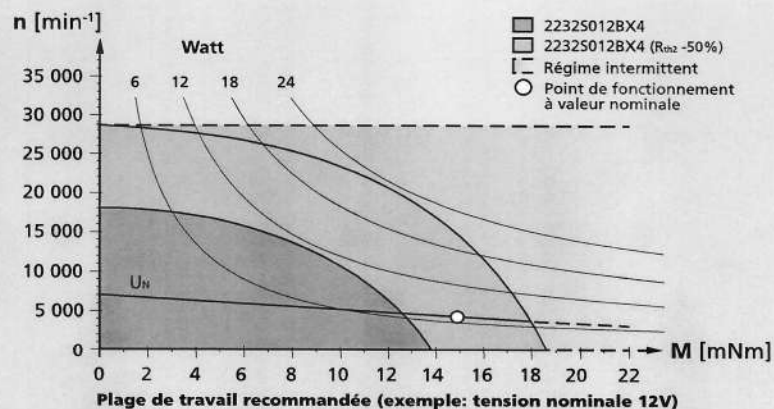
Note: Les valeurs nominales sont valables à 22°C et avec une réduction de résistance thermique R_{th2} de 25%.

Remarque:

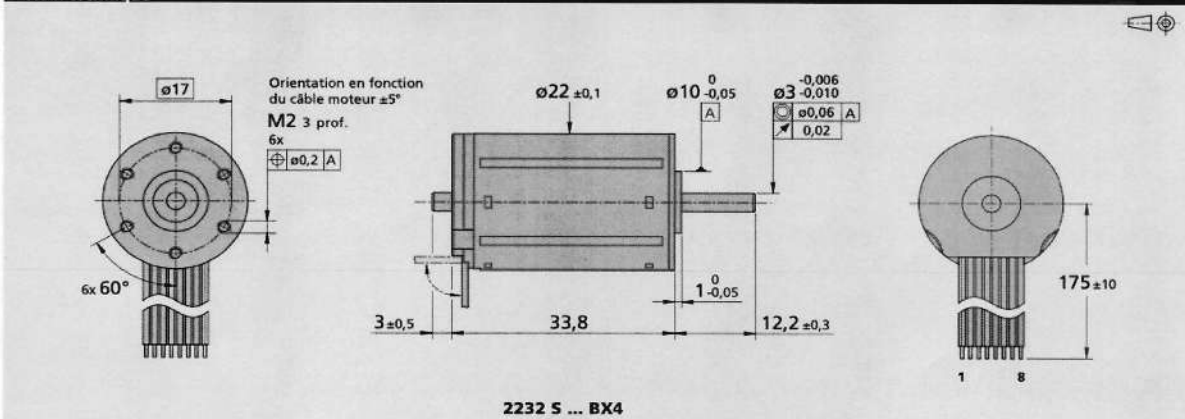
Le diagramme représente la vitesse maximum par rapport au couple disponible sur l'arbre de sortie pour une température ambiante donnée de 22°C.

Le moteur peut délivrer davantage de puissance avec un système de refroidissement adéquat (par ex. R_{th2} réduction de -50%). La droite (U_N) montre le point de travail à tension nominale à une température ambiante de 22°C. Tous les points de travail au dessus de cette droite exigeront une tension d'alimentation supérieure. (Tous les points de travail en dessous de cette droite exigeront une tension d'alimentation inférieure).

Le couple maximum disponible et la vitesse seront réduits si la température ambiante est supérieure à 22°C et/ou si le moteur est thermiquement isolé de l'environnement.



Dessin technique



Options, informations pour câbles et connexions

Informations pour la commande exemple: 2232S012BX4-3692

| Options | Exécution | Description | Raccordement standard | Options: 4935/4747 |
|---------|------------------------|---|-----------------------|--------------------|
| 3830 | Connecteur | AWG 26 / PVC câble plat avec connecteur MOLEX Microfit 3.0, 43025-0800, connecteur de raccordement recommandée 43020-0800 | No. Fonction | Fonction |
| 4935 | Fils simples | Moteur avec des fils simples (PTFE), longueur 175 mm, AWG26 | 1 Phase C | Phase C |
| X4935 | Fils simples | Moteur avec des fils simples (PTFE), longueur 300 mm, AWG26 | 2 Phase B | Phase B |
| Y4935 | Fils simples | Moteur avec des fils simples (PTFE), longueur 600 mm, AWG26 | 3 Phase A | Phase A |
| 4747 | Plage de température | Jusqu'à 150°C, rotor max. 150°C, avec des fils simples (PTFE), longueur 175 mm, AWG26 | 4 GND | GND |
| X4747 | Plage de température | Jusqu'à 150°C, rotor max. 150°C, avec des fils simples (PTFE), longueur 300 mm, AWG26 | 5 U00 (+5V) | U00 (+5V) |
| Y4747 | Plage de température | Jusqu'à 150°C, rotor max. 150°C, avec des fils simples (PTFE), longueur 600 mm, AWG26 | 6 Capteur de Hall C | Capteur de Hall C |
| Y158 | Arbre sortie | Moteur sans arbre sortie arrière | 7 Capteur de Hall B | Capteur de Hall B |
| 3692 | Combinaison contrôleur | Capteurs Hall analogiques pour combinaison avec contrôleur de mouvement MCBL | 8 Capteur de Hall A | Capteur de Hall A |
| 5327 | Combinaison contrôleur | Pour modèle de capteur SIN-COS avec capteur de température intégré, combinaison avec MC V3.0 | | |

Combinaison de produits

| Réducteurs / Vis filetés | Codeurs | Electroniques de commande | Câbles / Accessoires |
|--------------------------|--------------|---------------------------|---|
| 22GPT | IE3-1024 | SC 1801 P | Veuillez trouver notre large gamme d'accessoires au chapitre « Accessoires ». |
| 22/7 | IE3-1024 L | SC 1801 S | |
| 26A | IER3-10000 | SC 2402 P | |
| | IER3-10000 L | SC 2804 S | |
| | AEMT-12/16 L | SC 5004 P | |
| | AES-4096 L | SC 5008 S | |
| | | MCBL 3002 P | |
| | | MCBL 3002 S | |
| | | MCBL 3003 P | |
| | | MCBL 3006 S | |
| | | MC 3001 B | |
| | | MC 3001 P | |
| | | MC 5004 P | |
| | | MC 5005 S | |