

RAPPORT DE PROJET

Épreuve E6.2 pour l'obtention du diplôme
BTS Systèmes Numériques option EC session 2018



Bastien FELIX
STMicroelectronics

Sommaire

Remerciements	3
Introduction.....	4
1.PRÉSENTATION ENTREPRISE	5
1.1 ST dans le monde	5
1.2 Les produits de ST.....	6
1.3 Les clients de ST	7
1.4 Les fournisseurs de ST.....	7
1.5 Les principaux concurrents.....	8
1.6 ST Rousset.....	9
1.7 La FAB.....	10
1.8 Processus de fabrication.....	11
1.9 Le CVD	13
2.PRÉSENTATION PROJET.....	16
2.1 Expression du besoin.....	16
2.2 Cahier des charges	17
2.3 Solution proposée	18
2.4 Matériel	18
2.5 Fonctionnement du système	19
2.6 Le programme.....	27
2.7 Evolution du Projet :	30
Conclusion :	31
Annexes :	32



Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier l'ensemble des techniciens du CVD de l'équipe B pour leur soutien et tout particulièrement Cédric Olivier ainsi que Françoise Lopez pour leur encadrement et leur disponibilité.

Je remercie aussi Frédéric Barbier pour m'avoir donné cette chance d'intégrer ST lors de cette alternance.

Mes remerciements s'adressent aussi aux opérateurs qui travaillent au CVD.

Enfin, je remercie STMicroelectronics en général, ainsi que les membres du CFA de Vauvenargues pour leur soutien et leur implication dans cette formation du BTS Systèmes Numériques.



Introduction

Cela fait maintenant 6 ans que j'ai découvert le monde de l'électronique et l'électrotechnique, depuis mon entrée en seconde STI Génie électronique. Je prends donc plaisir à travailler, de près ou de loin, dans ce domaine.

Dans le cadre de mon BTS Systèmes Numériques en alternance au lycée Vauvenargues, j'ai été recruté en tant qu'alternant au sein de l'entreprise STMicroelectronics pour une durée de 2 ans. Cette expérience m'a permis de connaître les rouages d'une grosse société, en pleine évolution dans le domaine technologique. De plus, j'ai eu l'occasion d'accorder un caractère concret aux domaines abordés de façon théorique en cours.

Pour me former au métier de technicien supérieur en maintenance préventive, l'entreprise ST m'a donné l'occasion de découvrir le milieu de la maintenance du semi-conducteur au sein d'une équipe d'opérateurs et de techniciens qualifiés. Au cours de cette période de 2 ans, plusieurs missions m'ont été confiées par mon tuteur durant cette alternance, Monsieur Cédric Olivier.



1.PRÉSENTATION ENTREPRISE

1.1 ST dans le monde



ST est l'un des plus grands fabricants mondiaux de semi-conducteurs. Créé en 1987 par la fusion de deux entreprises établies de longue date dans l'industrie des semi-conducteurs : la société italienne SGS Microelettronica et la société française Thomson Semiconducteurs. ST compte aujourd'hui environ 43.200 employés dans le monde, avec 11 principaux sites de fabrication et des centres de Recherche & Développement avancés dans 10 pays comprenant de nombreux bureaux de vente.

Il existe deux types d'usine de fabrication bien distinctes : le **Front-End** (fabrication des plaquettes de silicium) et **Back-End** (assemblage, conditionnement et test). Les principales usines de fabrication de plaquettes de silicium de STMicroelectronics sont actuellement situées à Agrate et Catane pour l'Italie ; Crolles, Rousset et Tours pour la France ; Phoenix pour les Etats-Unis et Singapour. Ces usines de fabrications sont complétées par des sites d'assemblage et de test à haut rendements situés en Chine, en Malaisie, à Malte et au Maroc.

Front-End : Dans le secteur de la micro-électronique, le front-end désigne l'ensemble des opérations de fabrication des puces.

Back-End : Dans le secteur de la micro-électronique, le back-end désigne l'ensemble des opérations de mise en boîtier des puces.

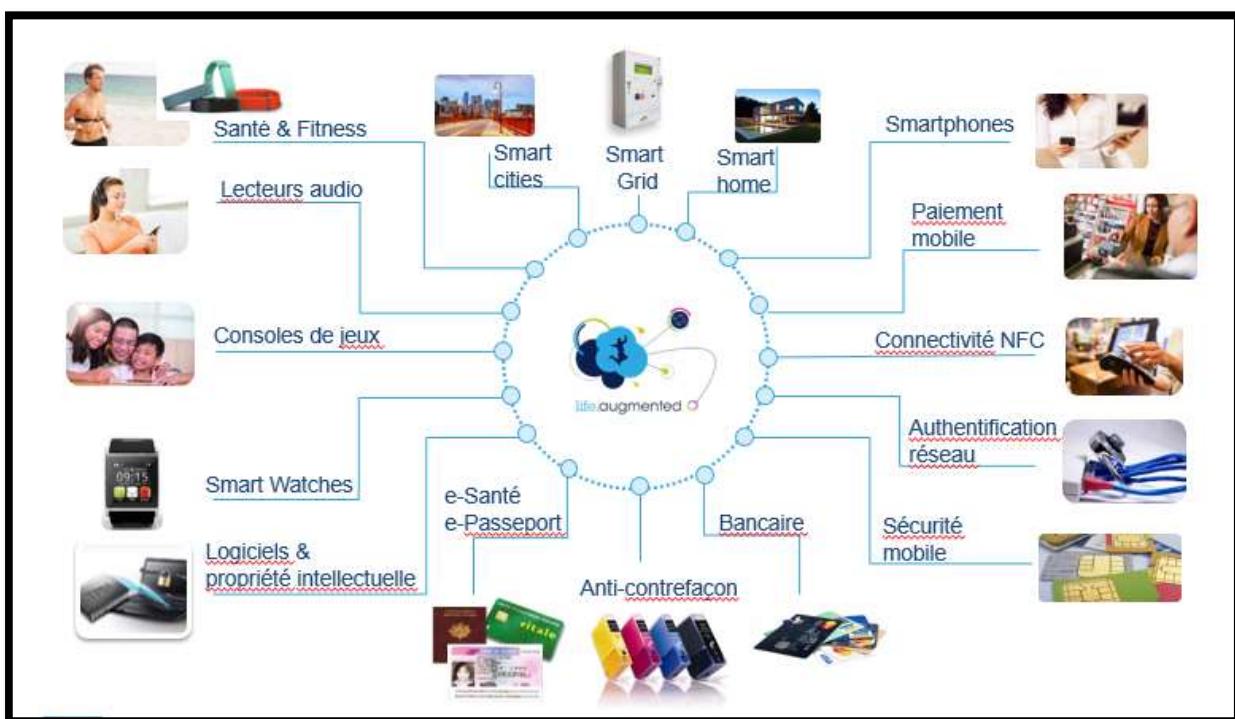


1.2 Les produits de ST

APPLICATIONS DES PRODUIT

STMicroelectronics fabrique des puces électroniques. son domaine d'activité est au cœur de la croissance économique et s'étend à l'ensemble des secteurs d'activité comme, la recherche, le gouvernement, la communication, l'éducation, les transports, l'industrie, l'environnement, la médecine, les loisirs et les systèmes bancaires. C'est à dire que les puces fabriquées sont aussi responsables de l'amélioration de notre quotidien et nous permettent en permanence d'évoluer.

Ces puces interviennent dans une grande majorité de produits comme en particulier les cartes bancaires, la télévision, les décodeurs numériques, la radio, les lecteurs MP3, les imprimantes, les voitures et pleins d'autres produits encore. La société propose actuellement plus de 3000 grandes catégories de produits à plus de 1500 clients, parmi lesquels Alcatel, Bosch, Daimler Chrysler, Ford, Hewlett-Packard, IBM, Motorola, Nokia, Nortel Networks, Philips, Seagate Technology, Siemens, Sony, Thomson et Western Digital. Environ deux-tiers du chiffre d'affaires proviennent des produits différenciés.



1.3 Les clients de ST

Les principaux clients sont situés dans le secteur du grand public et de la communication. En effet, ST Rousset fabrique en grande partie des puces destinées à NOKIA et BOSCH. Nokia représente 80% de la fabrique à Rousset depuis la fermeture de l'usine 6'' qui était en grande partie destinée à l'automobile.



1.4 Les fournisseurs de ST

Fournisseur plaquettes vierges de silicium :

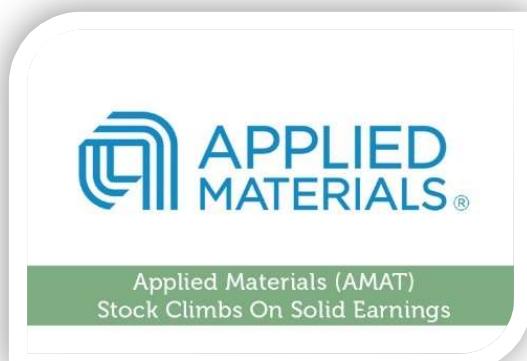
Il existe deux grands types de plaquettes de silicium vierges :

Les plaquettes neuves dont le prix s'élève à 33\$, sont livrées par deux sociétés en particulier (MEMC et SILTRONIC).

Les plaquettes repolies (c'est à dire les plaquettes recyclées) qui coûtent 12\$ sont livrées en majorité par ROCKWOOD situé à Gréasque et qui occupe 70% du marché. Les 30% restants sont occupés par PURE WAFER situé en Angleterre et SHINETSU situé au Japon. A ce jour, ST utilise davantage de plaquettes repolies car le coût de celle-ci est plus intéressant et ST a une grande difficulté à se réapprovisionner en plaquettes neuves.

Principaux fournisseurs de machines :

Le plus grand fournisseur de machines dédiés à la fabrication des puces électroniques est APPLIED MATERIALS. Leurs machines sont présentes partout en salle de fabrication.



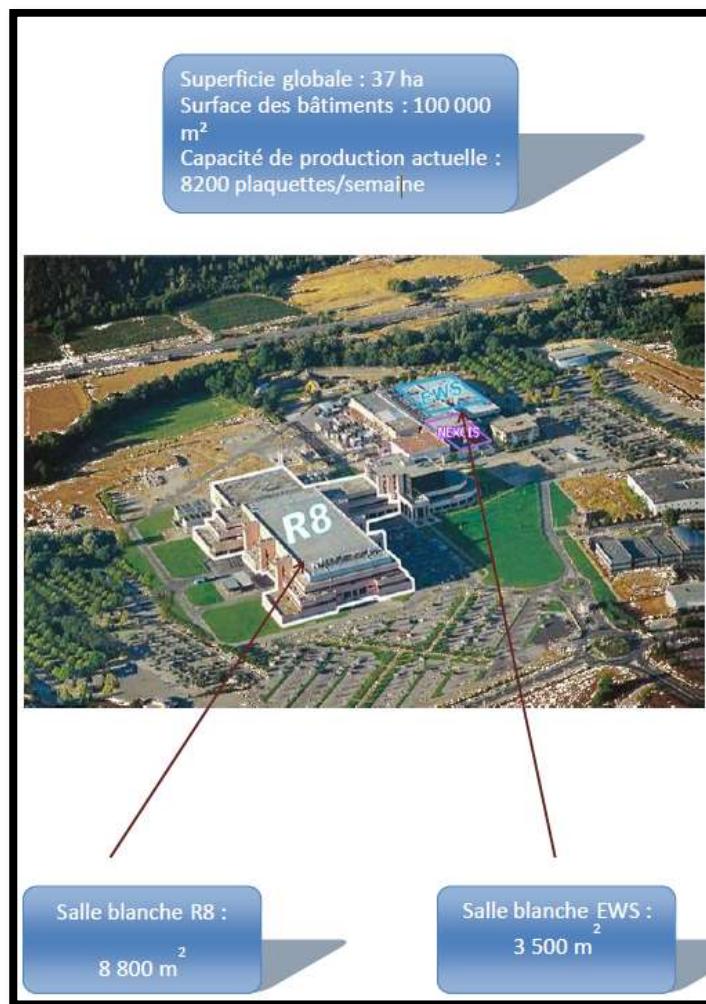
1.5 Les principaux concurrents

ST in the semiconductor market			
	Company	Revenue (million \$USD)	Market share
1	Intel	47,420	15.6%
2	Samsung ⁽¹⁾	31,264	10.3%
3	Qualcomm	13,177	4.3%
4	Texas Instruments	12,035	4.0%
5	Toshiba	11,131	3.7%
6	Renesas	9,236	3.0%
7	SK Hynix	8,970	2.9%
8	STMicroelectronics	8,493	2.8%
9	Broadcom ⁽²⁾	7,843	2.6%
10	Micron Technology	6,772	2.2%

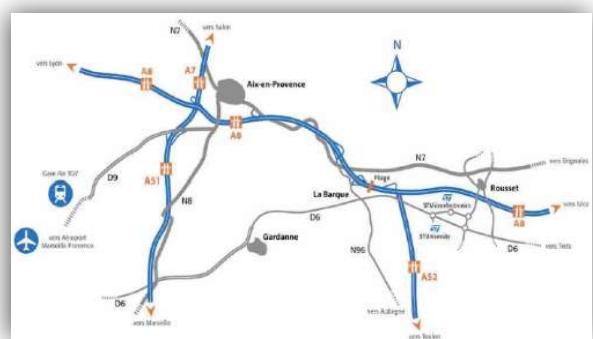
(1) Samsung LED transferred to Samsung Electronics in April 2012 (\$M 522 in 1H11 & \$M412 in 1H12). Q4-12 - Samsung Electronics acquired CSR wireless chip division.
(2) Broadcom acquired NetLogic in Feb 2012

ST Microelectronics ne cesse de grandir et de gagner des places dans le classement mondial des plus gros fournisseurs en matière de puces électroniques. Cependant elle reste loin derrière des sociétés comme Intel et Samsung. ST est une des 10 plus grande entreprises de semi-conducteur au monde.

1.6 ST Rousset



Le site de STMicroelectronics Rousset est situé dans les Bouches-du-Rhône, à 15 Km d'Aix en Provence. Il est situé au cœur la Zone Industrielle de Rousset, géographiquement proche des grands axes de communication (autoroutes, aéroport de Marignane, gare TGV d'Aix en Provence, port autonome de Marseille), et grâce aux aides des localités suite au plan de reconversion du bassin minier, ST justifie son implantation



1.7 La FAB

La salle blanche est une zone à ambiance contrôlée grâce à la présence de filtres à air intégrés dans les plafonds et d'un sol troué pour permettre à l'air de circuler constamment. De plus, cette salle est en surpression pour éviter de faire entrer l'air en provenance de l'extérieur. Ce dispositif permet d'éviter tout type de contamination venant de l'air. Toute personne entrant dans la salle blanche porte une combinaison en fibre de carbone qui permet aussi d'éviter les contaminations humaines.

Grace à toutes ces précautions, la salle blanche se trouve en classe 1000 (appelé aussi ISO 6), ce qui représente moins de 35200 particules de 0.5µm (plus grosses particules présentes) dans un cube d'aire d'1m³.

En 2013, la production de plaquettes s'élevait à 7 800 plaquettes 8" par semaine grâce à la présence de plus de 600 équipements différents soit un total de 400 000 plaquettes produites en 2013. Sachant qu'une plaquette contient plus de 5700 puces, cela représentait plus de 2 milliards de puces produites au cours de cette même année. Le site de STMicroelectronics Rousset a donc produit l'équivalent de 14% de la production mondiale de STMicroelectronics.

Les plaquettes manipulées en salle blanche sont dans des **pods** pour limiter les contaminations dues à l'air environnant car la moindre particule peut endommager les plaquettes contenant des composants de l'ordre du micromètre.



Figure 10 : Opérateur occupant d'un POD

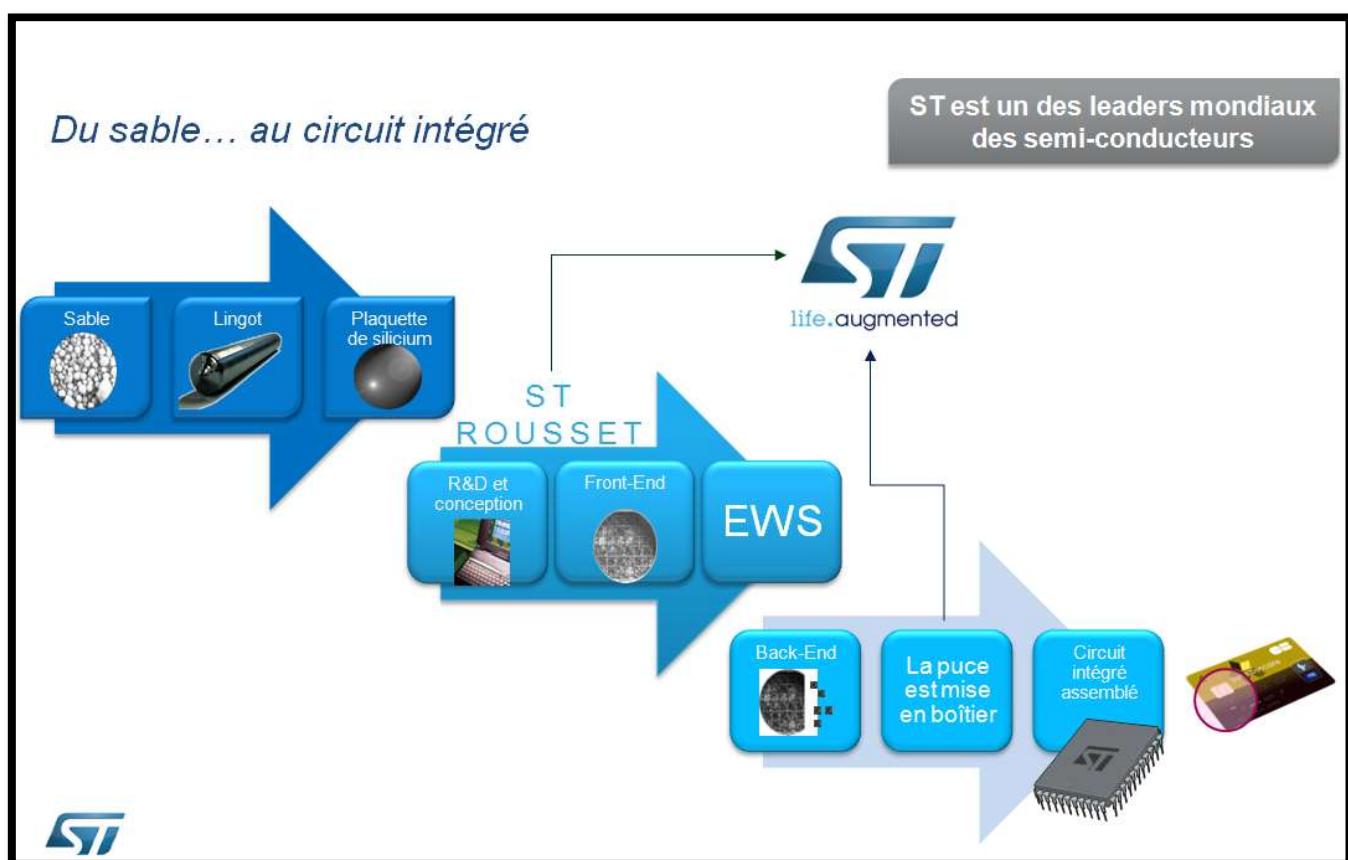
Classe 200 000 000: air en zone urbaine
Classe 100 000: bloc opératoire
Classe 1 000: salle blanche 8 pouces
Classe 1: pod

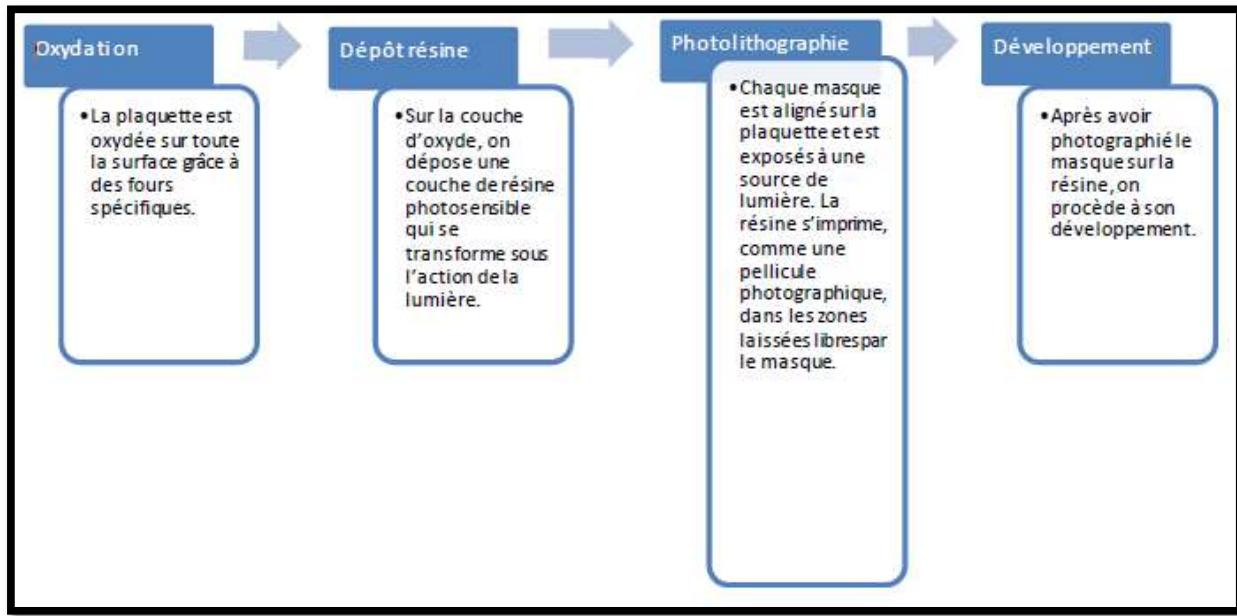


1.8 Processus de fabrication

Tout d'abord, la matière première utilisée est de la silice, qui, après purification et étirage, est transformé en lingot. À partir de celui-ci, il y a une phase de polissage et de sciage du lingot, afin d'obtenir notre wafer (plaquette de silicium) utilisé dans la fabrication de puce. ST récupère alors le wafer pour entamer son processus de fabrication en salle blanche. Une fois que les transformations sont effectuées, que les différentes étapes de production sont réalisées, et que le test indique que la puce fonctionne à 100%, alors la puce est enfin prête à être assemblée avec le boîtier électronique.

Les étapes de fabrication

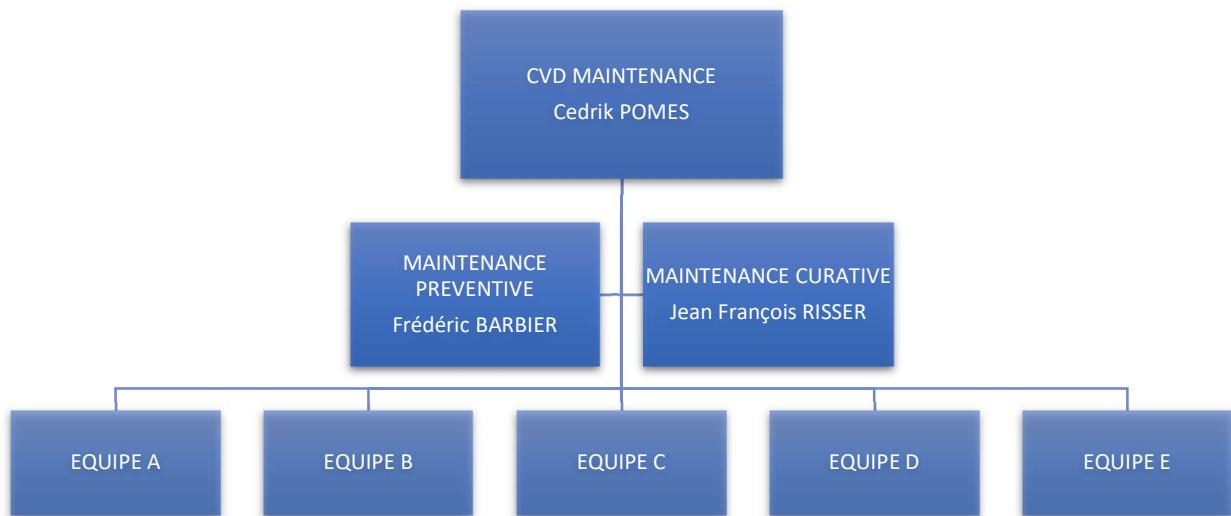




Chaque plaquette est soumise entre 200 et 400 opérations : il faut en moyenne 8 semaines pour fabriquer une plaquette remplie de puces électroniques. Chaque plaquette de silicium va passer et repasser dans divers ateliers en salle blanche :

- **L'Atelier Photolithographie** : qui permet de définir le design des puces.
- **L'Atelier Gravure** : il existe deux types de gravure : la gravure sèche qui permet de graver les motifs définis en photolithographie et la gravure humide qui elle permet de faire des retraits complets de couches d'un matériau.
- **L'Atelier Implantation** : qui permet la modification des caractéristiques électriques en implantant différents types de dopant (phosphore et arsenic).
- **L'Atelier CMP (Chemical Mechanical Polish)** : qui réalise un polissage mécano-chimique de la face active afin que celle-ci soit la plus plane possible.
- **L'Atelier Diffusion** : qui nettoie et recuit pour permettre un bon fonctionnement des transistors, et qui réalise les différents dépôts d'oxyde et de poly silicium.
- **L'Atelier CVD- PVD (Chemical/Physical Vapor Deposition)**: qui réalise des dépôts d'oxyde et de nitrule pour le CVD ou de métal (aluminium, cuivre, tungstène) pour le PVD.

1.9 Le CVD



Cet organigramme montre l'organisation du service. Je fais partie du groupe maintenance préventive, qui est reparti sur chacune des cinq équipes :

- Équipe du matin (A ou B)
- Équipe d'après-midi (A ou B)
- Équipe de nuit début de semaine (C)
- Équipe de nuit en fin de semaine (D)
- Équipe de week-end (E)

Je suis apprenti Technicien Maintenance préventive au CVD, posté en équipe B.

Au CVD un procédé chimique est utilisé pour produire des matériaux solides à haute pureté et à haute performance. Le processus est souvent utilisé dans le secteur des semi-conducteurs pour produire des films minces.

L'atelier CVD est constitué de 14 équipements. On y retrouve :

- 5 RTP, Rapid Thermal Process
- 4 RTO, Rapid Thermal Oxydation
- 9 DGF
- 4 NOVELLUS

Les RTP sont des équipements permettant d'effectuer des chocs thermiques en un court instant. Cette opération est appelée **le recuit**.

Les dépôts faits sur le wafer pourront réorganisés grâce aux opérations des RTP.

- ➔ **Les recuits après implantation** : Ces opérations permettent d'activer les dopants tout en restructurant le silicium.
- ➔ **Les recuits BPSG** : Ces recuits permettent de réorganiser les atomes d'un matériau, pour le densifier par exemple ou pour le faire fluer.
- ➔ **Les recuits salicide** : Ils permettent la formation du matériau (TiSi₂ ou CoSi₂) et d'augmenter leur conductivité.
- ➔ **L'oxydation Dry** : On crée une couche d'oxyde de silicium sur la grille des transistors en utilisant du dioxygène et de la chaleur.

Présentation des machines RTO/RTP

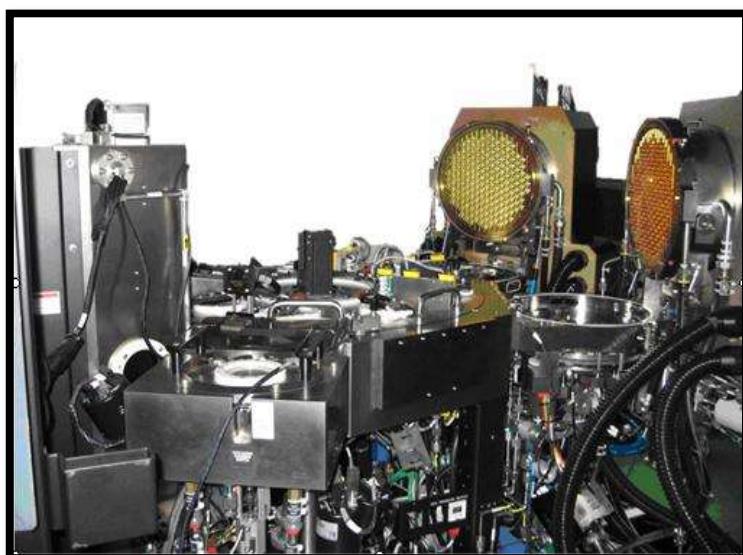
Les machines de Type RTP/RTO ont un procédé de fabrication qui positionne le wafer de silicium en rotation, à haute température (jusqu'à 1200°), avec l'introduction de gaz dans la chambre de production.

Les RTO fonctionnent à basse pression entre 6 torrs et 11 torrs en fonction du process. Les gaz utilisés sont : O₂+H₂ (le process crée une oxydation humide du Silicium (SiO₂) avec les gaz H₂ et O₂).

Les RTP fonctionnent à une pression atmosphérique de 780Torr à 950 Torrs selon certaines recettes de process. Les gaz utilisés sont : le N₂ et l'O₂ (Azote et oxygène).

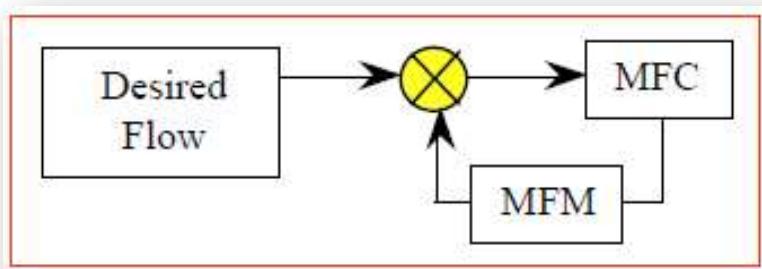
Pour rappel :

- ➔ 1 Torr = 133.32 Pa
- ➔ 760 Torrs = 1 MPa ➔ qui est la pression à l'atmosphère

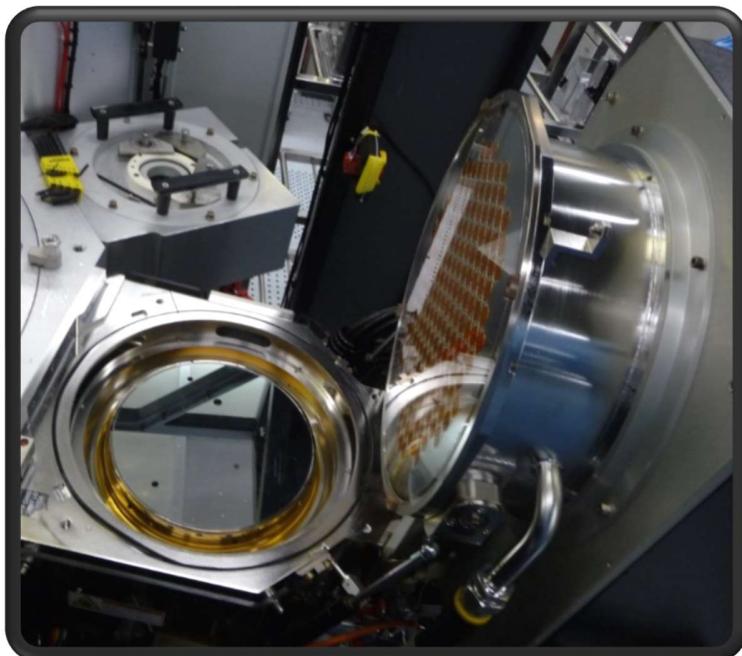


Le système de process d'une RTP/RTO consiste à déposer une couche d'isolant créée sur la plaquette de production, qui tourne à une vitesse de 90rpm (rotation par minute). Cet isolant est créé en chauffant à une certaine température le gaz contenu dans la chambre de production.

Pour chauffer ce gaz, le fabricant a utilisé 198 lampes pour chaque chambre. Les lampes montent en température jusqu'à 1100°C au maximum. Les lampes sont séparées en 12 zone différentes. Chaque zone correspond à un éloignement du centre de la chambre. Le flux gaz, qui est injecté dans la chambre, est contrôlé par un système de régulation



La chambre étant constamment sous haute température, elle a besoin d'être refroidie pour éviter toute dégradation du matériel. Un système de refroidissement par eau est donc mis en place. L'eau circule constamment dans le corps de chambre.



2.PRÉSENTATION PROJET

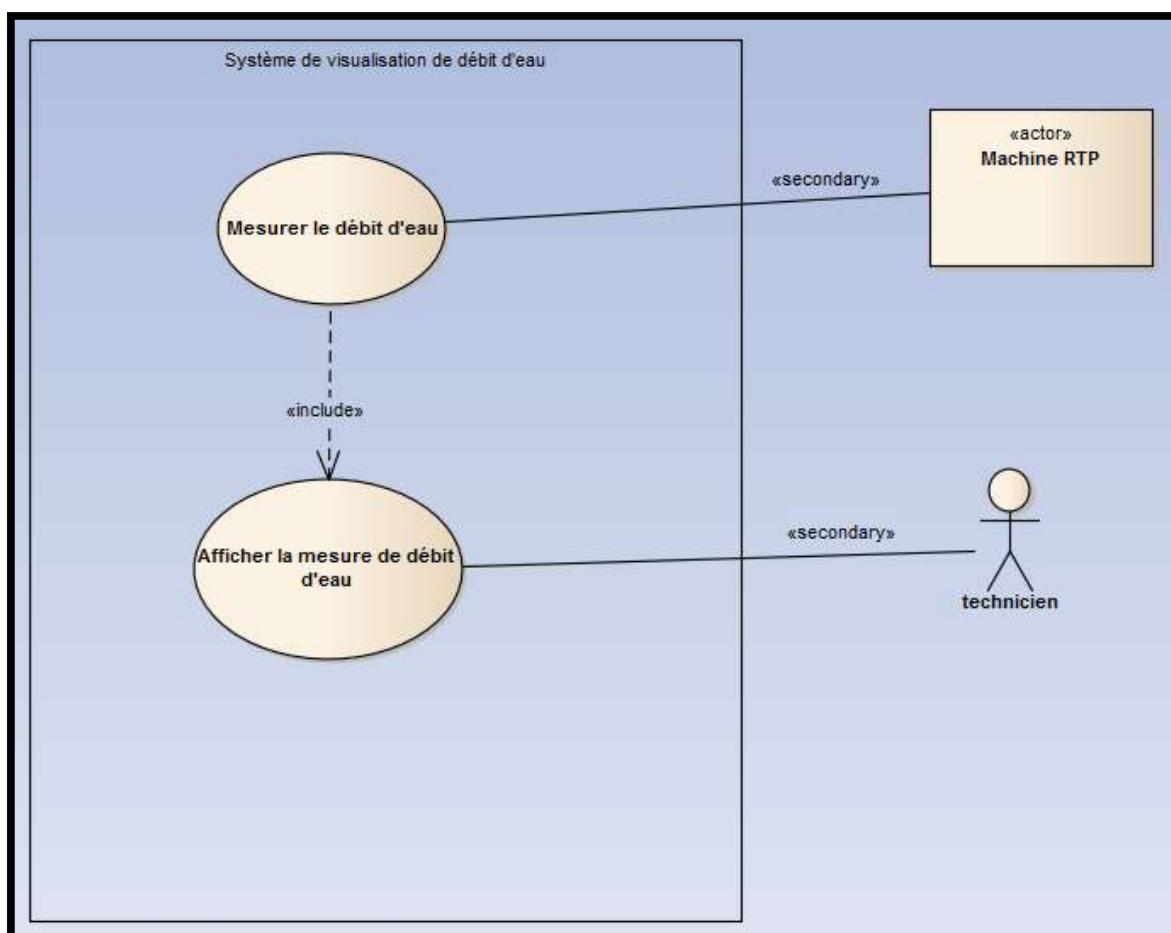
2.1 Expression du besoin

Nous travaillons sur des types de machines (RTP) qui ont besoin d'être refroidies durant leur processus. Ces machines sont refroidies par de l'eau dé-ionisée. Sans eau la machine de production se met en alarme. Il est donc très important de visualiser ce débit d'eau à tout moment. Nous avons donc intégré un contrôleur de débit d'eau (appelé Rotaflow ou débitmètre) en sortie, pour voir si le bon débit d'eau était présent.

La tâche qui m'a été confiée durant cette année, était de permettre une visualisation plus simple et directe du débit passant dans la machine RTP.

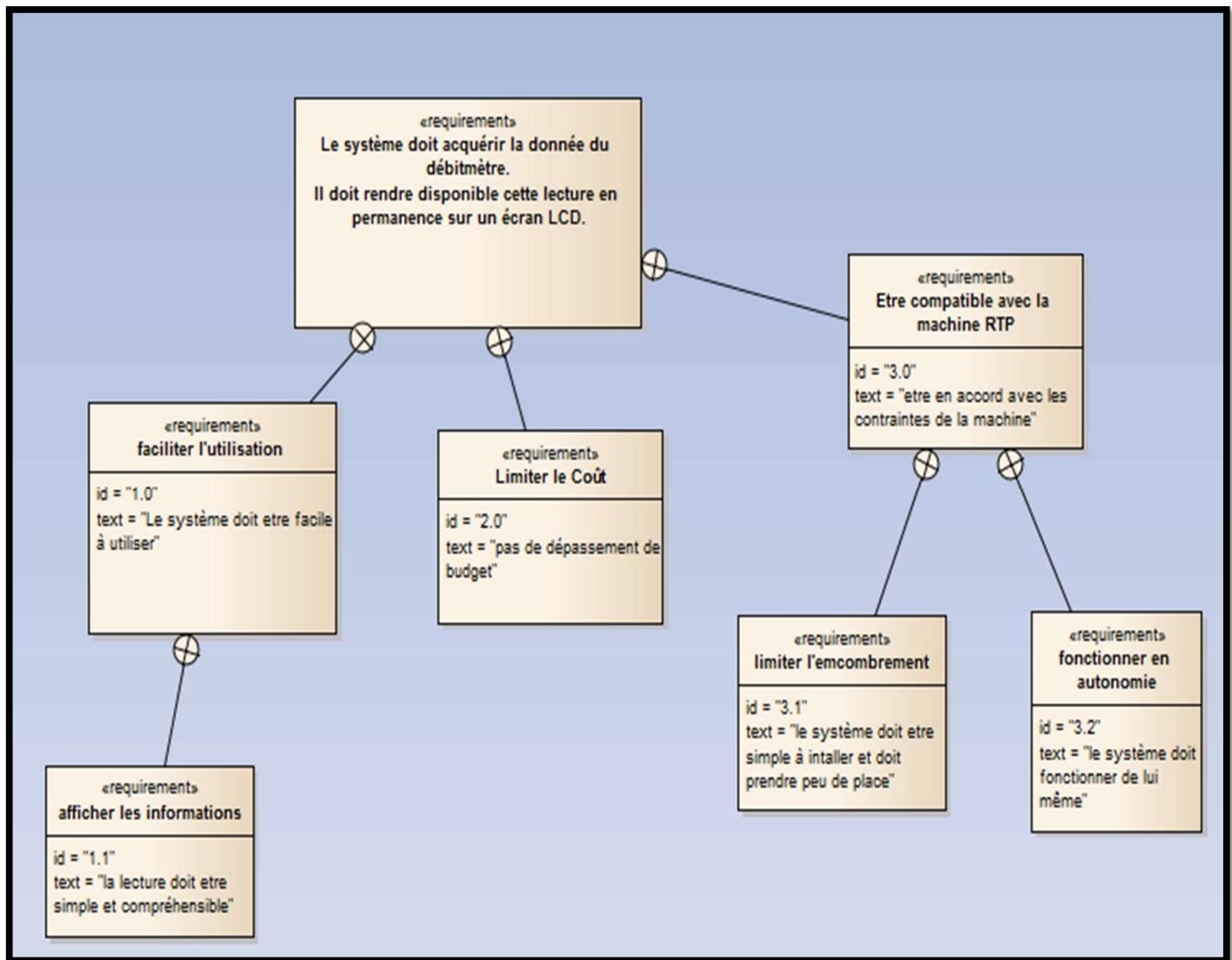
En effet, pour visualiser le débit d'eau passant dans la machine, nous avons, sur le débitmètre, une led à 2 états (rouge et vert) permettant de voir le niveau de débit circulant dans la machine(Vert = débit ok ; Rouge = débit insuffisant). se trouvant sous le bâti de la machine (donc difficile d'accès).

Voici le diagramme de cas d'utilisation du projet :



2.2 Cahier des charges

Le système choisi pour afficher le débit d'eau passant dans la machine, tout en respectant le cahier des charges est le suivant :

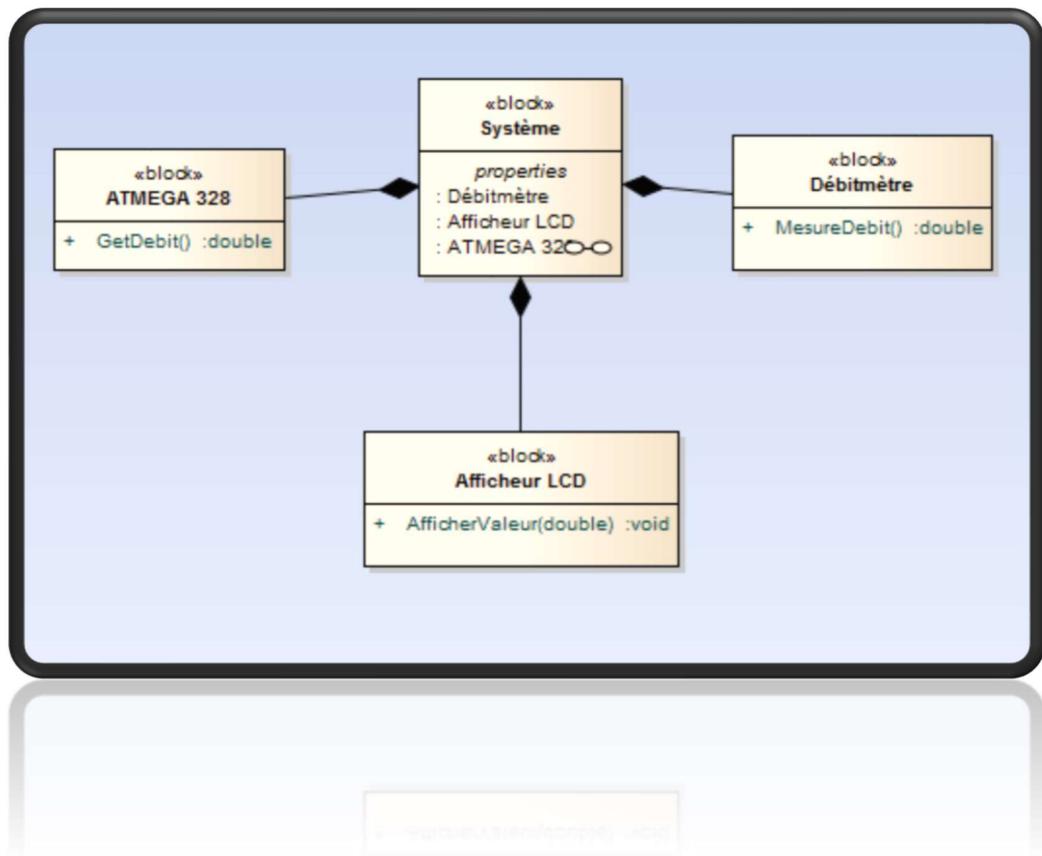


Nous devons acquérir la donnée du débitmètre, afin de pouvoir la visualiser de manière instantanée. De plus, le système ne doit pas interrompre le bon fonctionnement de la machine de production concernée. Il doit être aussi totalement autonome.

2.3 Solution proposée

Afin de répondre au mieux au cahier des charges, et respecter les différentes contraintes, j'ai décidé d'installer un microcontrôleur ATMEGA328 avec un LCD pour permettre l'affichage constant du débitmètre.

Par conséquent, voici le diagramme de block qui découle de mes différents choix :



2.4 Matériel

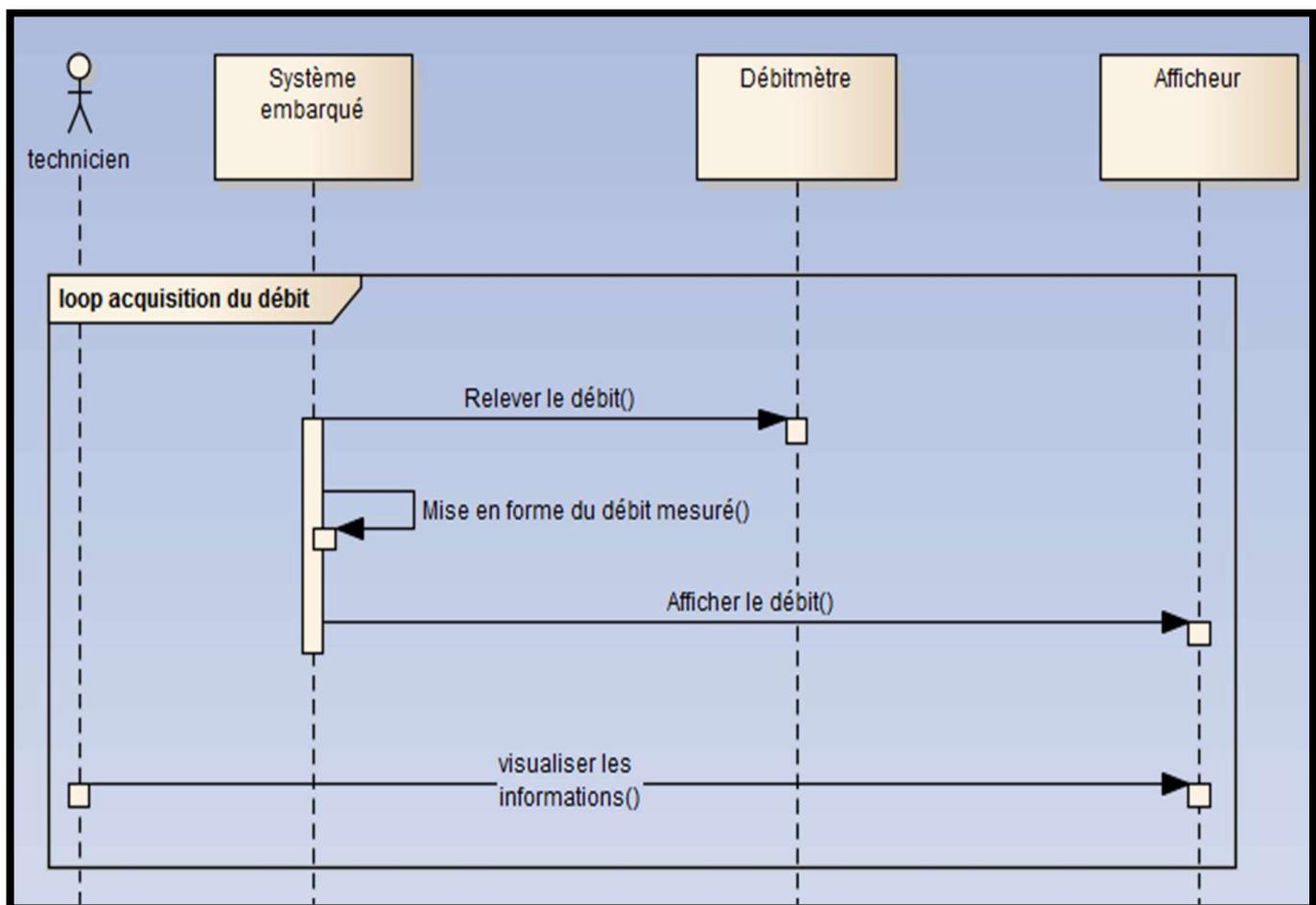
- 1 Arduino uno R3
- 1 écran LCD LCM1602
- Un débitmètre protheus série 800 812SA19P9

2.5 Fonctionnement du système

Les diagrammes de séquences découlent du diagramme d'utilisation.

- La première séquence est la séquence « **mesurer le débit d'eau** »
- La deuxième séquence est la séquence « **afficher le débit d'eau** »

La séquence « **mesurer le débit d'eau** » a le schéma suivant :



On voit sur cette séquence, que la carte d'acquisition, relève les informations que le débitmètre lui donne via une tension entre 0 et 5VDC. En regardant sur la documentation du débitmètre (voir annexes), on peut retrouver la conversion GPM → VDC.

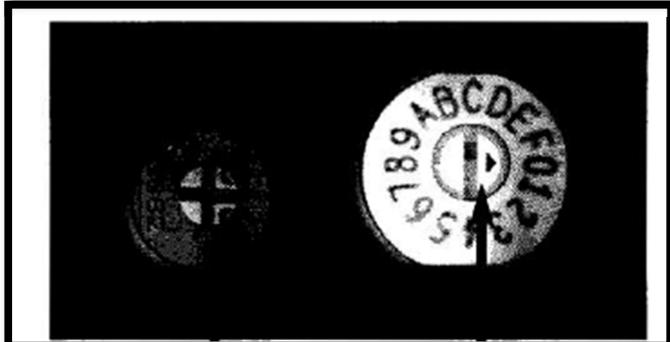
Pour rappel :

$$\rightarrow 1 \text{ gallon par minute (GPM)} = 4.546 \text{ litres par minute (L/min)}$$

Pour cela, il faut d'abord relever le modèle du débitmètre, pour ma part le modèle est le : **812SA19P9.**

En regardant la documentation (voir annexes), on voit que la plage du débit est [1.3 ; 19] GPM (galons par minutes).

Model Number	Flow Range GPM	Flow Range LPM
0804XN03	0.05 – 0.3	0.2 – 1.2
0804XN2	0.1 ~ 2.0	0.6 – 7.5
0806SA2		
0804XN4	0.3 – 4.5	1.2 – 17.0
0806SA4		
0806XN10	0.8 ~ 10	3 – 38
0808SA10	0.8 – 10	3 – 38
0808XN15	1 – 15	3.8 – 56
0812XN19	1.3 – 19	5 – 72
0812SA19		
0812SA25	1.5 – 25	6 – 95
0816XN50	3 – 50	11 – 190
0816SA50		



Ensuite il faut sélectionner le « trip point » le plus proche de notre débit en consigne (c'est-à-dire qu'il nous faut 10 GPM pour que la machine soit refroidie suffisamment sans gêner la production.)

Notre consigne étant de 10GPM, nous allons sélectionner, avec le type de modèle qui nous convient, la bonne position du switch à régler sur le débitmètre. Ce switch a 16 positions (de 0 à F, en Hexa). Nous choisissons donc la position 8 pour se rapprocher le plus de notre consigne.

Ensuite une fois le trip point choisi, il faut trouver une plage de conversion VDC / GPM. Là encore, la doc nous présente des courbes de réponses selon les différents types de modèles.

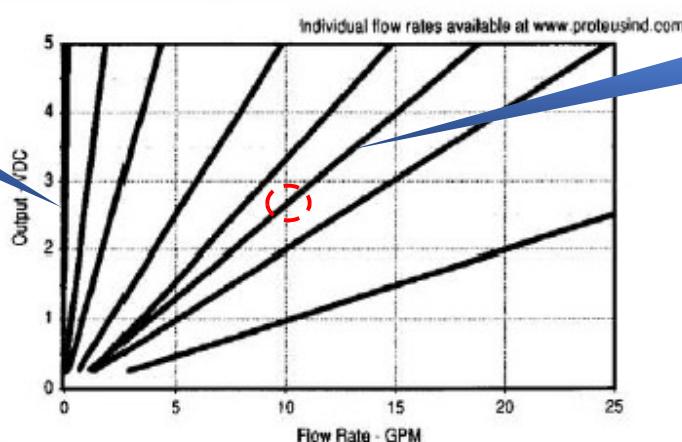
Table 2: Selecting Trip Flow Rate with 16-positions switch

Model Number	Switch Position															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0804X03		0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25	0.26	0.28	
0804XN2	0.18	0.29	0.41	0.52	0.63	0.75	0.86	0.98	1.09	1.20	1.32	1.43	1.54	1.66	1.77	1.9
0806SA2																
0804XN4	0.36	0.62	0.87	1.13	1.39	1.65	1.91	2.17	2.43	2.69	2.95	3.21	3.46	3.72	3.98	4.2
0806SA4																
0806XN10	0.89	1.46	2.03	2.60	3.17	3.74	4.31	4.88	5.45	6.02	6.58	7.15	7.22	8.29	8.86	9.4
0808SA10																
0808XN15	1.6	2.5	3.3	4.1	5.0	5.8	6.6	7.5	8.3	9.1	10.0	10.9	11.7	12.5	13.3	14
0812XN19	1.6	2.7	3.8	4.8	5.9	7.0	8.1	9.2	10.3	11.4	12.5	13.5	14.6	15.7	16.8	17
0812SA19																
0812SA25	1.8	3.2	4.7	6.1	7.6	9.0	10.5	12.0	13.4	14.9	16.3	17.8	19.2	20.7	22	23
0816XN50	4	7	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	38	41	44	47
0816SA50																

Figure1: Flow Response Curves

Pour 10 GPM,
il faut 2.63
VDC

Courbe 6 =
notre
modèle



Une fois le potentiel trouvé, nous savons maintenant que pour avoir nos 10 GPM, il faudrait une tension de 2.63 VDC au minimum pour empêcher que la machine ne s'arrête de produire. Nous savons donc, comment le débitmètre converti le débit d'eau passant, en tension.

Ensuite, pour pouvoir manipuler cette information dans le microcontrôleur il faut la convertir en numérique. Cette étape a été réalisée par le convertisseur analogique numérique (CAN) embarqué dans le microcontrôleur.

Conversion Analogique/Numérique :

Le convertisseur a une résolution de 10 bits → $2^{10} = 1024$ valeurs.

Nous avons donc 1024 valeurs possibles, de 0 à 1023 (en décimale).

Nous avons une plage de tension d'entrée de [0 ; 5V]

→ Le quantum est de : $(V_{max} - V_{min}) / (2^n - 1)$
○ $(5-0) / ((2^{10}) - 1) = 4.88\text{mV}$

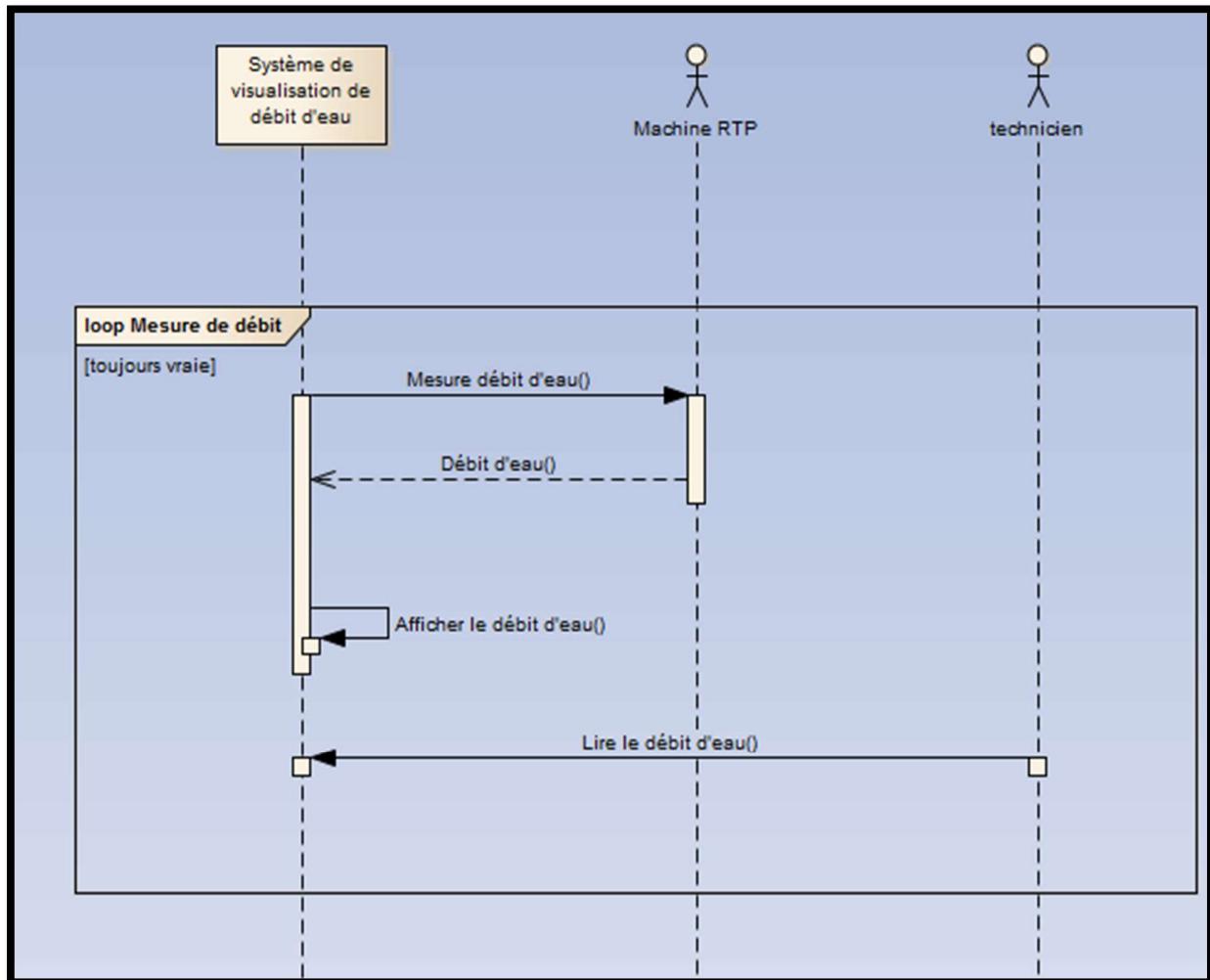
→ La valeur décimale de 5v est : **1023**.

→ La valeur limite pour que le débit soit suffisant sera de 10GPM, donc 2.63VDC

→ 5 VDC = 1023
→ $2.63 \text{ VDC} = (2.63 * 1023) / 5 = 538$.

Nous avons donc, pour 10 GPM, une valeur de 538 en décimal.





Ensuite il faut transmettre la donnée du Microcontrôleur vers l'afficheur LCD. De ce fait, la séquence « **afficher le débit d'eau** » a le schéma suivant :

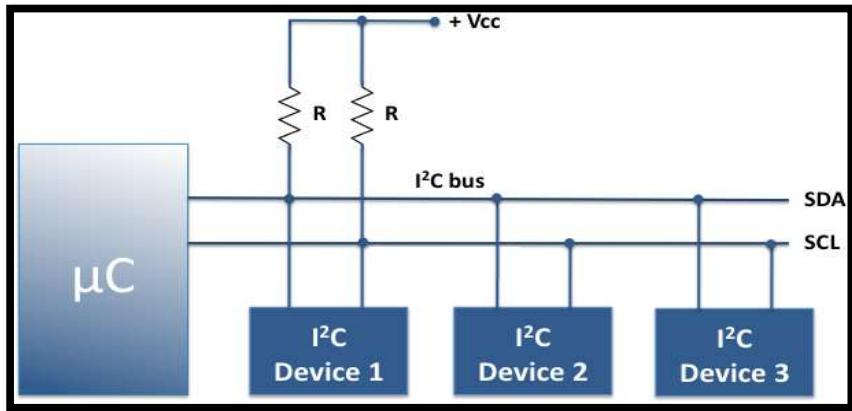
Sur cette séquence, après avoir calculé le début d'eau, il faut ensuite afficher ce débit. Pour cela, j'utilise un LCD I2C.

Pour rappel, l'I2C est un bus synchrone permettant de faire communiquer entre eux des composants électronique grâce à seulement 3 fils :

- ➔ Signal de donnée : SDA
- ➔ Signal d'horloge : SCL
- ➔ Signal de référence électrique : GND (masse)

Le bus I2C est un bus série bi-directionnel fonctionnant en half duplex, de vitesse 100kbps.

Voici un schéma de principe d'un montage composée d'un bus I2C :

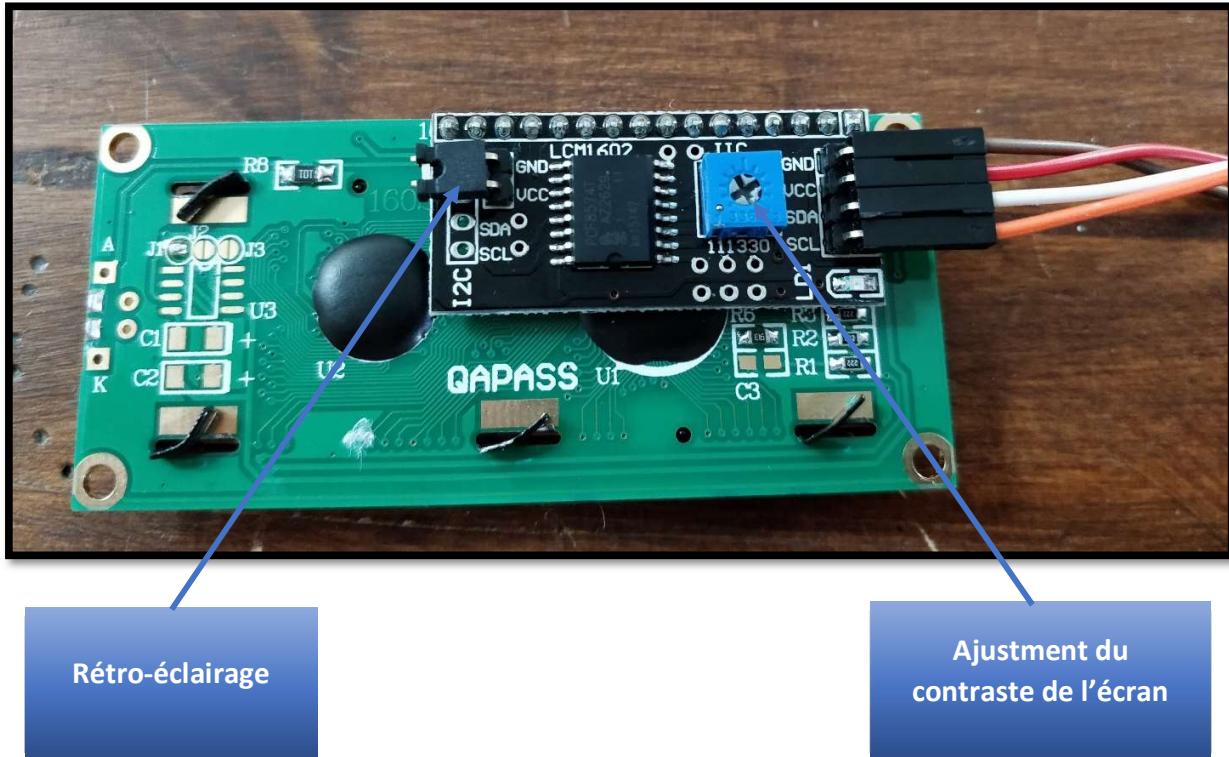


Il faut donc utiliser des résistances de Pull up pour mettre l'état des lignes au même niveau (au niveau 1 : 5V) . Ces résistances sont intégrées au shield LCM1602, qui est soudé sur le LCD. Les valeurs des résistances sont de 4.7kohm chacune (pour SDA et SCL).

Voici la table de correspondance :

Afficheur LCD I2C	Arduino
VCC	+5v
GND	GND
SDA	A4
SCL	A5

Pour permettre la communication en I2C entre le LCD et l'arduino, il faut d'abord définir l'adresse du composant. Pour ce faire, le composant LCM1602 se trouvant sur le LCD, sert à convertir une liaison parallèle en liaison série I2C. Dans la documentation du LCM1602, on peut voir comment changer les adresses du composant.



Voici le tableau des adresses :

Addressing:

A0	A1	A2	Address
Open	Open	Open	0x27
Jumper	Open	Open	0x26
Open	Jumper	Open	0x25
Jumper	Jumper	Open	0x24
Open	Open	Jumper	0x23
Jumper	Open	Jumper	0x22
Open	Jumper	Jumper	0x21
Jumper	Jumper	Jumper	0x20

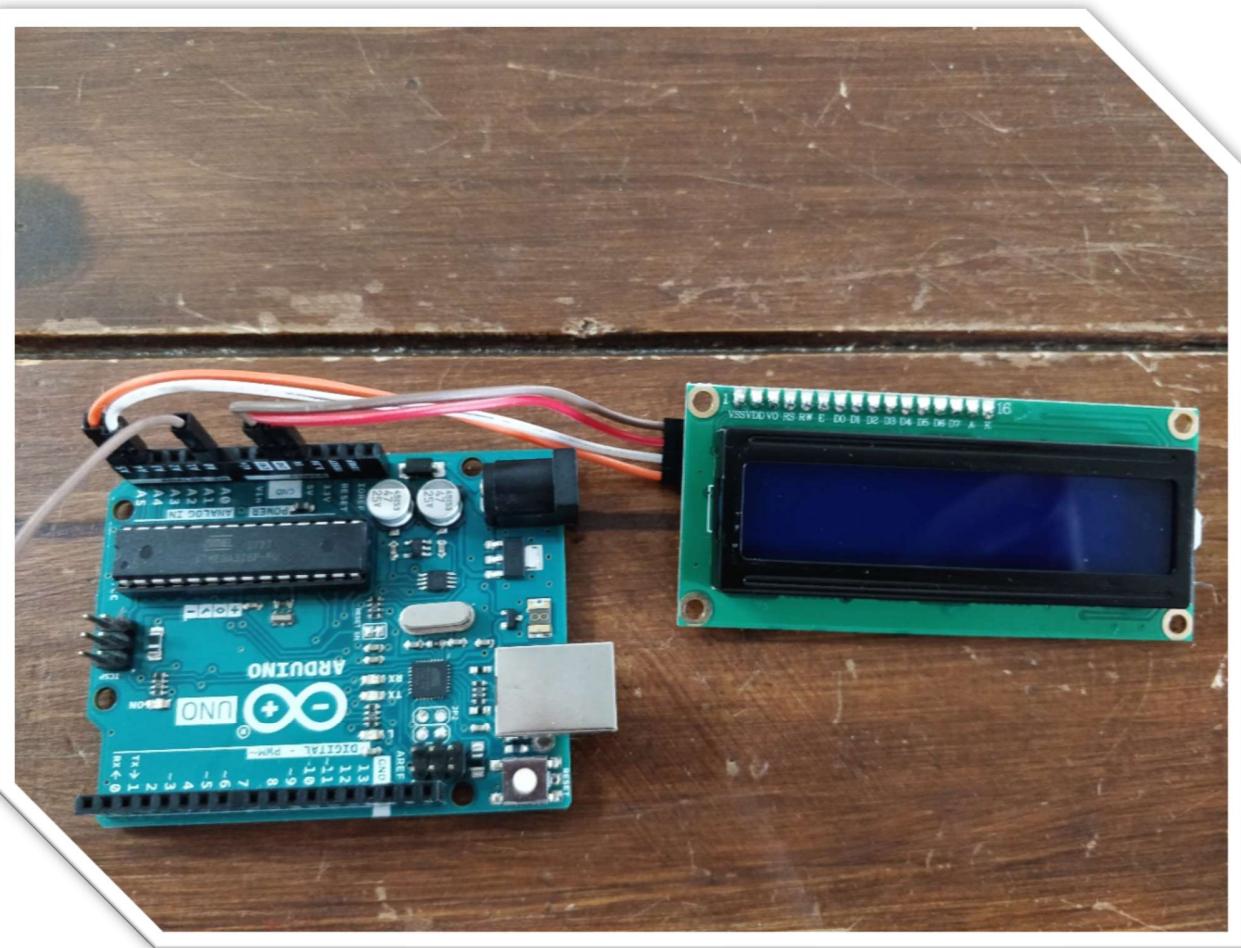
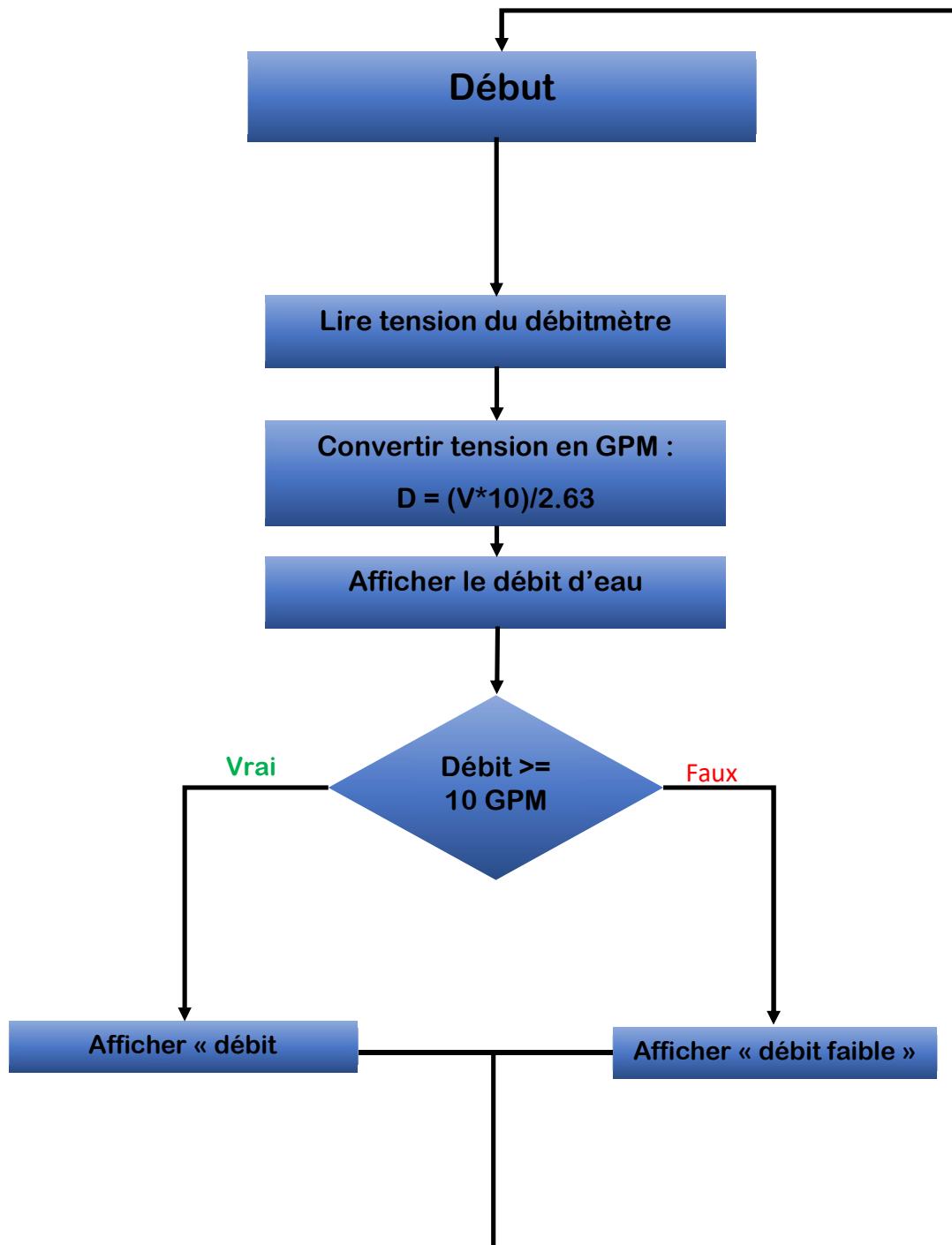


Figure 2: schéma du montage du prototype

2.6 Le programme

Voici un algorigramme de la solution proposée au projet :



Pour programmer l'Arduino uno, j'utilise le logiciel Arduino IDE. C'est un logiciel Open source, c'est-à-dire gratuit et multi plateforme.

En me référant à l'algorithme créé, il faut tout d'abord inclure les bibliothèques nécessaires pour l'utilisation des fonctions et des communications que j'utilise. J'ai donc intégré les bibliothèques « Wire.h » et « LiquidCrystal_I2C.h » pour la communication I2C et le LCD I2C.

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); //Initialisation su matériel (adressage)
```

De plus, lors de l'utilisation du bus I2C, il faut initialiser l'adressage des composants qui recevront les données (ici le LCD) ; l'adresse du LCD est 0x27.

Nous retrouvons donc, pour la partie calcul, la conversion de la tension du débitmètre, qui est récupérée sur l'entrée A0 de la carte, et intégrée dans la variable « valeur », en nombre décimal via le CAN. J'utilise une variable de type Float pour une lecture plus précise de la tension du débitmètre.

```
valeur =analogRead(A0);
float Vrotaflow = (valeur * 5.0) / 1023.0 ;
```

Ensuite, je converti la tension du débitmètre en Gallons par minute, avec la formule :

$$D = (V \cdot 10.0) / 2.63.$$

```
Drotaflow = ((Vrotaflow * 10.0) / 2.63);
```

Une fois les calculs fait, J'ai utilisé la fonction « if » pour différencier 2 états différents :

- ➔ Si le débit est supérieur à 10 GPM, on affiche sur le lcd le message « Débit : (la fonction Drottaflow) » qui correspond à notre conversion Volt / GPM. Ensuite j'affiche le message : « débit suffisant » pour que le technicien puisse voir l'état du débit.

```
if (Drotaflow >=10) {  
  
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("Debit: ");  
lcd.print(Drotaflow);  
lcd.print(" GPM ");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("debit suffisant");  
delay(500);  
}
```

- ➔ Sinon, le débit est inférieur à 10GPM, on affiche sur le lcd le message « Débit : (la fonction Drottaflow) » qui correspond à notre conversion Volt / GPM. Ensuite j'affiche le message : « débit faible » pour que le technicien puisse voir l'état du débit.

```
else {  
  
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("Debit: ");  
lcd.print(Drotaflow);  
lcd.print(" GPM ");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("debit faible");  
delay(500);  
lcd.clear();  
}  
}
```

2.7 Evolution du Projet :

Voici le projet, une fois installé :



J'ai utilisé un boîtier pour garantir une protection pour le montage, ainsi qu'une finition esthétique.

De plus, nous avons testé le système sur le circuit d'eau d'une machine pour voir si la lecture du débit était réel. Les résultats étaient satisfaisants. Nous avons donc un système qui peut lire le débit passant en temps réel dans la machine.

J'ai donc rempli la tâche qui m'a été confiée, en accord avec le cahier des charges, à savoir établir une visualisation du débit d'eau refroidissant la machine pendant le processus de fabrication des puces.

Conclusion :

A l'issue de cette deuxième année de BTS Systèmes Numériques au sein de STMicroelectronics, j'ai pu avoir une réelle vision sur le monde industriel de la microélectronique. Nous devons comprendre qu'une entreprise peut être comparée à un ensemble très complexe et très organisé, et que chaque parties de cet ensemble à son importance. Nous, les alternants, avons alors le devoir de nous intégrer et de nous appropier le comportement attendu pour apporter un soutien et un dynamisme nouveau à l'entreprise.

STMicroelectronics est une entreprise qui est focalisée sur la qualité de production et sur le travail en cohésion. De ce fait, il est donc nécessaire d'améliorer au mieux la qualité de communication entre les différents acteurs au sein de l'entreprise.

Mon alternance m'a donc permis d'appréhender des notions de qualité et de communication. A cela se rajoute des projets permettant de s'affranchir des dépenses liées à la production et pouvant optimiser les procédés des contrôles qualité.

Cette expérience professionnelle au sein de ST Microelectronics, m'a apporté de l'expérience, de l'autonomie, et va me permettre d'axer mes recherches d'emploi vers un métier de technicien maintenance.



Annexes :

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Initialisation du matériel (adressage)

int entree = A0; // port utilisé pour lire la tension appliquée
float valeur = 0; // initinalisation de la variable à 0
float Vrotaflow = 0;
float Drotaflow = 0;

void setup()
{
    lcd.init(); // initialisation de l'afficheur
    lcd.begin(16,2); // afficheur 16 caractères sur 2 lignes
    Serial.begin(9600);
    lcd.clear(); // nettoyer afficheur
}

void loop()
{
    lcd.backlight(); // éclairage du LCD
    valeur = analogRead(A0); // convertir l'entrée en volt en NB décimal
    Vrotaflow = (valeur * 5.0) / 1023.0; // convertir la tension en GPM
    Drotaflow = ((Vrotaflow * 10.0) / 2.63);

    if (Drotaflow >=10) { // si débit suffisant : afficher "débit suffisant"
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Debit: ");
        lcd.print(Drotaflow);
        lcd.print(" GPM ");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("debit suffisant");
        delay(500);
    }

    else { // si débit insuffisant : afficher "débit faible"
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Debit: ");
        lcd.print(Drotaflow);
        lcd.print(" GPM ");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("debit faible");
        delay(500);
    }
}
```

Figure 3 : Programme

800 Series

Metering Flow Switches

Flow rates from 0.05 to 50 GPM, 0.2 to 190 LPM

Accurately select from 16 trip points

Compact design – volume reduced by up to 50%

Calibrated 0-5VDC output

Reliability underwritten by a 5-year warranty

It's a switch.

Proteus 800 Series flow switches measure and monitor liquid flow. You can accurately select from 16 trip points with an easily-accessed switch. Trip points can be incremented in steps of 6% of the full flow range. Because you can set the flow switch set point yourself, you can maintain strict control over your flow parameters without additional instrumentation.

It's a meter.

800 Series flow switches are calibrated to provide a 5VDC output for their maximum rated flows. This output is accurate to within $\pm 2\%$ of range, assuring you that your liquid flow is within your specification. The actual flow rate can be displayed on a digital voltmeter. Scaled digital display meters are available to provide direct flow readout in GPM or LPM.

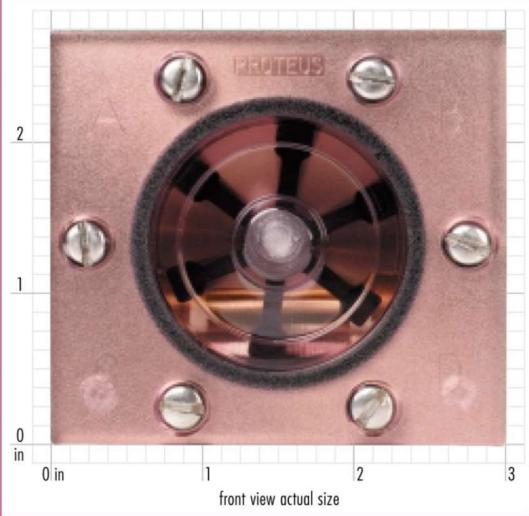
It's a switch and a meter in a single unit.

A flow switch combined with a metering function permits display of the flow rate while providing an accurate and predictable set of trip points. A three-color LED indicator that acts like a traffic signal shows actual flow status. When green, flow rate is more than 15% above your selected trip point. An amber light shows that flow is within 15% of your trip point. When flow falls below your trip point, a red light is displayed. As flow falls below your selected trip point, the built-in relay contacts open, indicating the alarm condition to your control system.

Even if your application doesn't require continuous feedback of the actual liquid flow rate, the calibrated output affirms that your process is being properly managed. Guess work is eliminated. And if control parameters do need to be changed you can make exact and repeatable changes as required.

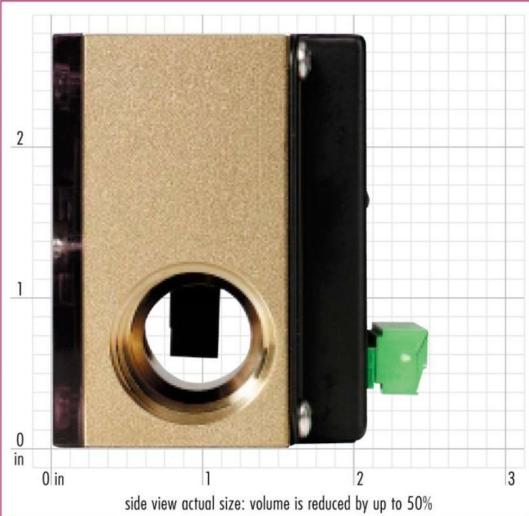


Figure 4 : docs débitmètre



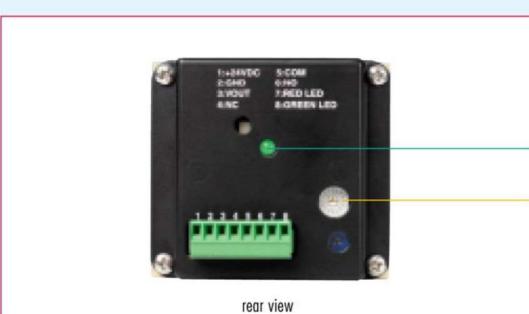
front view actual size

Compact design makes retrofitting easy!
800 Series units are completely retrofittable to your current system. They are mounted in the same manner as your existing Proteus flow switches, so you don't have to change your design.



side view actual size: volume is reduced by up to 50%

Wide temperature range for leading-edge applications
Brass and stainless steel versions of the 800 Series can be equipped with metal faceplates, enabling operation from -40° to 125°C. Flow response is remarkably constant across a 50°C range. All materials used in the 800 Series flow sensors are compatible with water, water-glycol mixes, Golden™, Fluorinert™ and other advanced heat transfer fluids required by new process technologies.



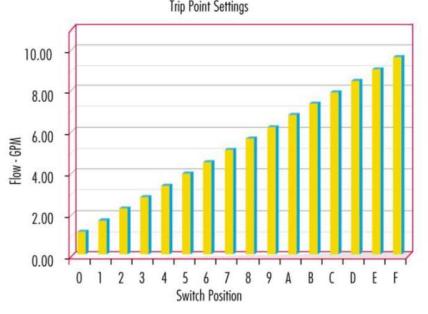
rear view

LED provides instant status information
Like a traffic signal, the green, amber and red lights indicate flow status. Flow problems are instantly detectable. An optional LED display can be mounted at your control panel if required.

LED Color	Flow Rate
Red	Less than flow rate at selected trip point
Amber	Between 1 x and 1.15 x flow rate at selected trip point
Green	Greater than 1.15 x flow rate at selected trip point

Trip point is user-selectable
The trip point is set by adjusting a 16-position switch. This feature allows you to change trip point settings predictably, accurately and reproducibly without the use of complex instrumentation. An optional potentiometer can fine-tune your trip point selection.

Trip Point Settings



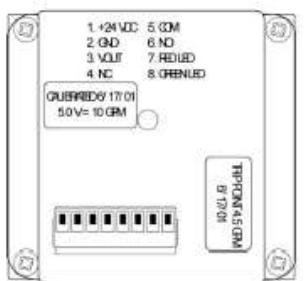
Switch Position	Blue Setting (GPM)	Yellow Setting (GPM)
0	1.5	1.8
1	2.0	2.2
2	2.5	2.8
3	3.0	3.3
4	3.5	3.8
5	4.0	4.3
6	4.5	4.8
7	5.0	5.3
8	5.5	5.8
9	6.0	6.3
A	6.5	6.8
B	7.0	7.3
C	7.5	7.8
D	8.0	8.3
E	8.5	8.8
F	9.0	9.3

Figure 5 : Docs débitmètre

Proteus: Your customization experts

Proteus is an established ISO-9001 registered manufacturing company located in the heart of Silicon Valley. Our lean manufacturing processes and customization expertise place us in the forefront of our industry. We are accustomed to tight schedules and precision requirements – and to getting it right, first time and every time.

Your 800 Series metering flow switches arrive ready for integration into your system. You can rest assured that the fittings are properly positioned, your devices are leak tight and they will function to your requirements. We design according to your needs in collaboration with your engineers. Your cables are already installed and your device has been tested end-to-end. Trip points and output voltages are calibrated to your exact specifications. Precise calibrations are assured by NIST-traceable references. Our experts do the work for you.



Need a specialized flow sensor?

We'll create one for you. Our diverse list of customized options includes hoses, tubing, face-seal connections, scaled panel meters for direct display of flow rates, fitting of special cables and labeling with your part numbers and operating parameters. We welcome your inquiries. Call us for immediate assistance in fulfilling your specialized requirements.

Information in this document is correct at the time of printing, however specifications are subject to change as Project Definition continues improvement process and new capabilities. Viscom is a registered mark of El Delfin-Gärtner.® is a registered mark of Viscom. Flotter® is a trademark of SMC.

Proteus Industries Inc.

340 Pioneer Way, Mountain View, CA 94041
Tel: (650) 964-4163 Fax: (650) 965-9355
www.proteusind.com sales@proteusind.com

© Proteus Industries Inc.
800-888-BREV 0016 05/2017

Flow Ranges		Connections	
GPM	LPM	FNPT	SAE ¹
0.05 - 0.3	0.2 - 1.1	1/4"	
0.06 - 0.6	0.3 - 2.3	1/4"	
0.1 - 1.0	0.4 - 3.8	1/4"	
0.2 - 2.5	0.75 - 9.5	1/4"	1/4" x 1/8"
0.3 - 4.5	1.1 - 17	1/4"	1/4" x 1/8"
0.6 - 9.0	2.3 - 34	1/2"	
0.6 - 10 ²	2.3 - 38	1/2"	
0.8 - 10	3 - 38	1/2"	1/2" x 1/16"
1.0 - 14	3.8 - 53	1/2"	
1.0 - 15 ³	3.8 - 57	1/2"	
1.2 - 16	4.5 - 60	1/2"	1 1/2" x 1/12"
1.5 - 19 ³	6 - 72	1/2"	
3 - 40	11 - 150	1"	
4 - 40	15 - 150	1"	1 1/2" x 1/12"
4 - 50 ³	15 - 190	1"	
5 - 60	19 - 225	1"	

¹SAE fittings available for stainless steel units only.
²Polypropylene units only.
³"D" fittings available for stainless steel units only.

Liquid Operating Limits			
Temperature	-20 to 100 °C / -4 to 212 °F with clear plastic faceplate. -40 to 140 °C / -40 to 284 °F for brass and stainless steel units fitted with optional metal faceplates.		
	Contact tech@proteusind.com for information on operation above 85 °C and below dew point.		
Pressure	To 690 kPa / 100 psi with clear plastic faceplate. To 1720 kPa / 250 psi for brass and stainless steel units fitted with optional metal faceplates.		
Kinematic Viscosity	To 120 cSt		

Wetted Materials			
Flow Sensor Body	FNPT	Brass • polypropylene • 316 stainless steel	
	SAE	316 stainless steel	
Faceplate		Clear polysulfone (standard) Brass and 316 stainless steel optional	
Sealing O-Ring		Viton®. Other materials optional.	
Rotor		PPB	
Rotor Shaft		316 stainless steel	

Meter Performance			
Calibrated Voltage Output	0 - 5 VDC for the maximum rated flow for each sensor type		
Accuracy	± 2% of range. Improved accuracy and linearity performance over smaller flow ranges can be achieved by specialized NIST-traceable calibration procedures.		
Linearity	Better than ± 1% from 10 to 100% of nominal flow range		
Repeatability	Better than ± 0.5% above 10% of nominal flow range		

Switch Performance			
Trip Point Selection	16-position switch changes trip points in steps of 6.6% of nominal flow range with fine adjustment between steps		
Hysteresis	< 5% of actual flow rate		
Switch	Relay Closure		
Relay Rating	SPDT 48 VDC, 1.0A		

Electrical			
Power Requirements	24 VDC, 40mA		
Electrical Connection	Plug type EDZ1550/8 with screw fastening of 8 conductors up to #16 gauge		
Remote Electronics	Optional mounting locates electronics up to 30 ft from flow sensor. Required for operation above 85°C.		
Certification	CE marked		
Flow Certification	Standard products are provided with certificates of compliance. Specialized calibration certificates are optionally available.		
Digital Display	Optional panel-mounted DVMs display flow rate in GPM or LPM on 3½ digits.		

Figure 6 : Docs débitmètre



800 Series Metering Flow Switches

Installation and Operating Instructions

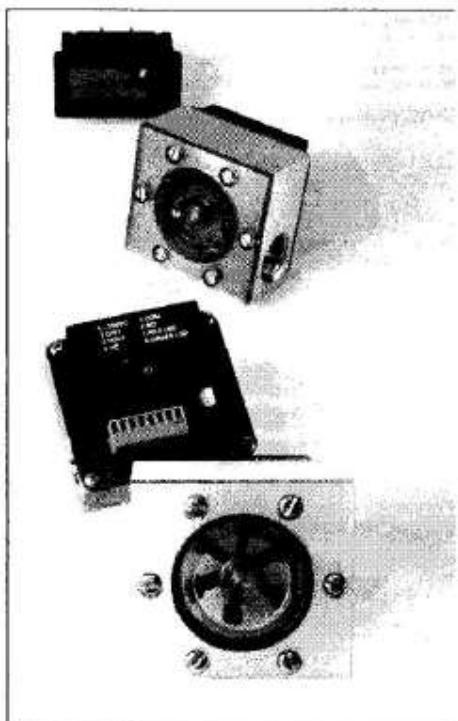
This document provides basic information describing the plumbing and electrical connections, and trip point adjustments to install and make operational your 800 Series Metering Flow Switch.

A comprehensive Technical Reference Manual for these devices can be downloaded or printed from our website, www.proteusind.com.

This manual includes technical descriptions, performance specifications, dimensions, detailed drawings, trip point tables, flow response graphs and tables, maintenance instructions, product warranty information and part numbers for replacement parts.

If you are unable to access the Internet to obtain this manual, a printed copy can be mailed to you. Please write, call or fax us with your request.

Model Number	Flow Range GPM	Flow Range LPM
0804XN03	0.05 - 0.3	0.2 - 1.2
0804XN2	0.1 - 2.0	0.6 - 7.5
0806SA2		
0804XN4	0.3 - 4.5	1.2 - 17.0
0806SA4		
0806XN10	0.8 - 10	3 - 38
0808SA10	0.8 - 10	3 - 38
0808XN15	1 - 15	3.8 - 56
0812XN19	1.3 - 19	5 - 72
0812SA19		
0812SA25	1.5 - 25	6 - 95
0816XN50	3 - 50	11 - 190
0816SA50		



Model Number Structure

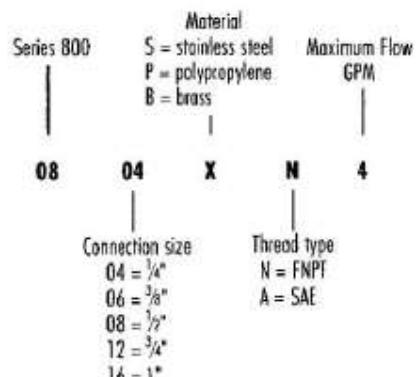
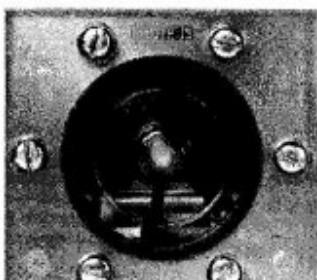


Figure 7 : Docs débitmètre



1 Connect plumbing

- Do NOT exceed the pressure limit of the faceplate.
- Do NOT use SWAK or other anaerobic sealants with devices with a clear plastic faceplate.
- Do NOT install metal fittings into polypropylene units.
- If temperature will exceed 85°C the electronics should be isolated from the flow sensor.

1. Identify the type and size of connection from the Model Number Table found on page 1.
Do NOT exceed the flow limit of your flow sensor!
2. Use Teflon tape or paste to lubricate and seal NPT threads. Use a high-pressure lubricant to lubricate SAE threads.
3. Turn on your liquid flow slowly, and check for leaks at the two connections. Tighten connections as required to eliminate all leaks.



2 Make electrical connections

1. Locate the source of 24 VDC power and turn it OFF.
2. Prepare wiring cables of up to #16 gauge to connect power and the required relay and voltage outputs.
3. Connect the flow switch common wire in position 5.
4. For NC relay state connect the other flow switch wire in position 4. For NO relay state connect in position 6.
5. Connect the power common wire to position 2.
6. Connect the +24VDC wire to position 1.
7. Connect to the 24 VDC source and turn it ON.

- If liquid is NOT flowing, the LED will show RED indicating power is on and liquid flow is below the selected trip point flow.
- If liquid is flowing, the LED may show GREEN, AMBER or RED, depending on flow rate and the selected trip point flow as shown in table 1.

Figure 8 : Docs débitmètre

3 Select trip point

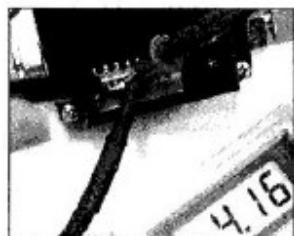
1. From the Trip Point Table (Table 2) select the row with the Part Number of your flow sensor.
2. Look ACROSS the table to select your desired trip point.
3. Look UP the table to identify the setting of the 16-position switch for your trip point.



4. Set the 16-position switch so that the arrow points towards the setting you selected in step three.
5. Set the fine trip adjustment potentiometer to the 12 o'clock position.

Refer to the Technical Manual for use of the fine trip point adjustment feature.

4 Measure flow



1. Read the voltage between positions 2 & 3 with a voltmeter.
2. From flow response curves (Fig 1) identify the actual flow rate.

Figure 9 : Docs débitmètre

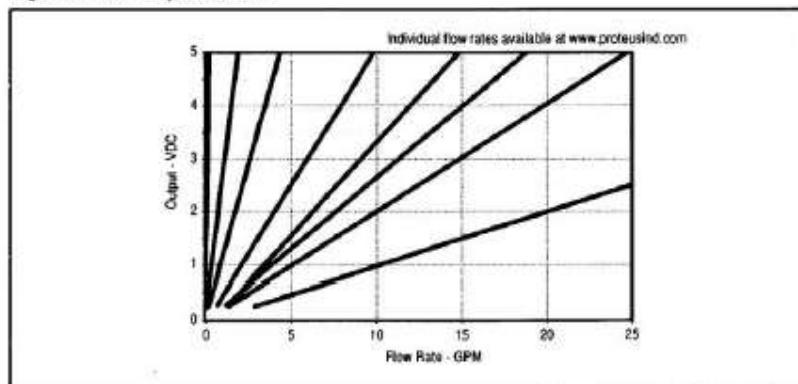
Table 1: LED color, flow rate and relay state

Units US gallons per minute. 1 US gallon = 3.785 liters.

LED Color	Flow Rate Status	Example Trip Point 10 GPM	Relay State	
			NO contact	NC contact
Green	Greater than 1.15 x flow rate at selected trip point	Actual Flow > 11.5 GPM	Closed	Open
Amber	Between 1x and 1.15 x flow rate at selected trip point	10 < Actual Flow < 11.5 GPM	Closed	Open
Red	Less than flow rate at selected trip point	Actual Flow < 10 GPM	Open	Closed

Table 2: Selecting Trip Flow Rate with 16-positions switch

Model Number	Switch Position															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0804X03	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25	0.26	0.28		
0804XN2	0.18	0.29	0.41	0.52	0.63	0.75	0.86	0.98	1.09	1.20	1.32	1.43	1.54	1.66	1.77	1.9
0806SA2																
0804XN4	0.36	0.62	0.87	1.13	1.39	1.65	1.91	2.17	2.43	2.69	2.95	3.21	3.46	3.72	3.98	4.2
0806SA4																
0806XN10	0.89	1.46	2.03	2.60	3.17	3.74	4.31	4.88	5.45	6.02	6.58	7.15	7.22	8.29	8.86	9.4
0808SA10																
0808XN15	1.6	2.5	3.3	4.1	5.0	5.8	6.6	7.5	8.3	9.1	10.0	10.9	11.7	12.5	13.3	14
0812XN19	1.6	2.7	3.8	4.8	5.9	7.0	8.1	9.2	10.3	11.4	12.5	13.5	14.6	15.7	16.8	17
0812SA25	1.8	3.2	4.7	6.1	7.6	9.0	10.5	12.0	13.4	14.9	16.3	17.8	19.2	20.7	22	23
0816XN50	4	7	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	38	41	44	47
0816SA50																

Figure1: Flow Response Curves

Proteus Industries Inc.
340 Pioneer Way, Mountain View, CA 94041
Phone: (650) 964-4163 Fax: (650) 965-0304
sales@proteusind.com www.proteusind.com

Proteus Industries Inc. ©2002
Document UM-800-001

Figure 10 : Docs débitmètre

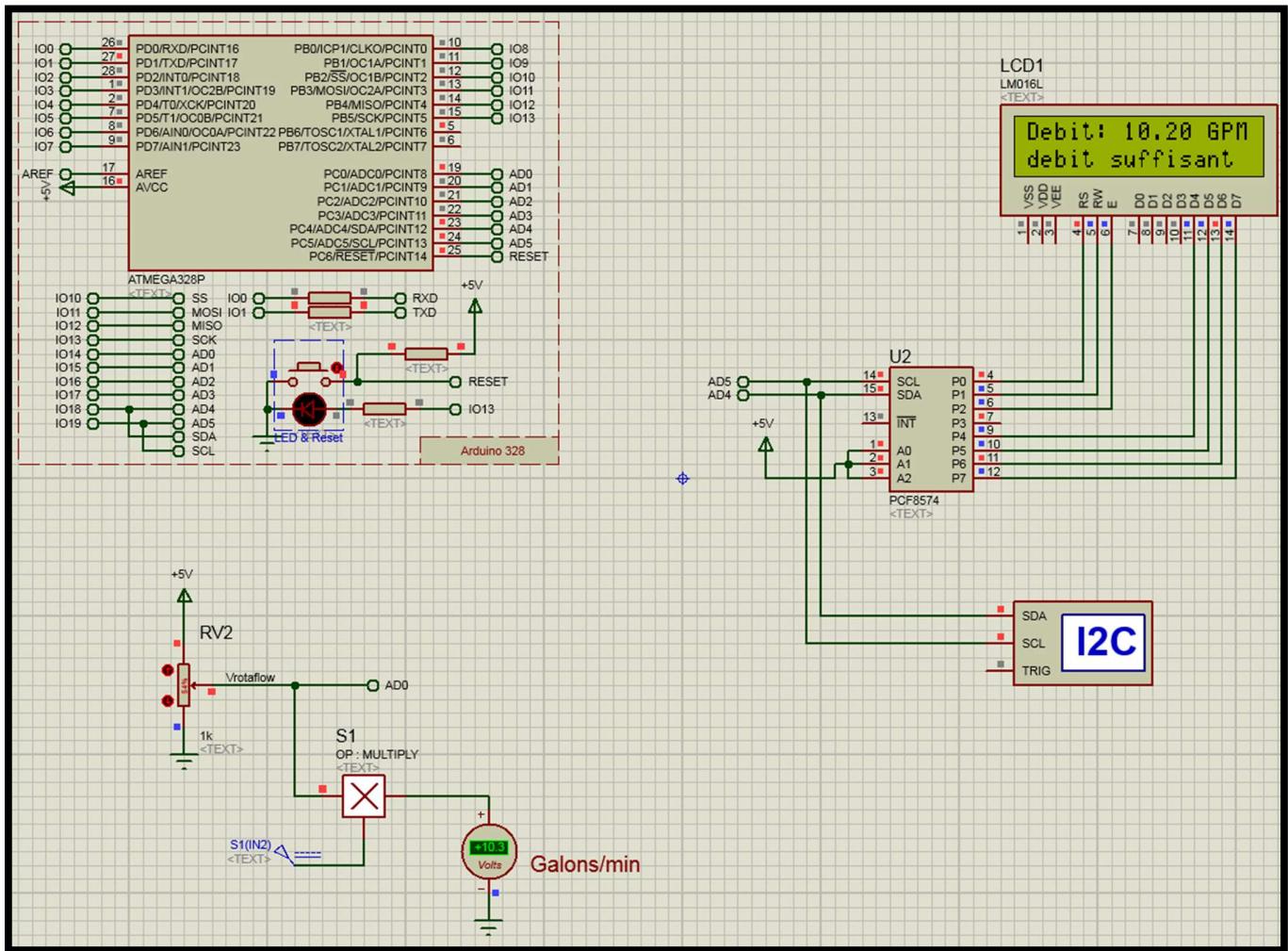


Figure 11 : simulation sur isis protheus

Specifications:

I2C Address Range
Operating Voltage
Backlight
Contrast
Size
Viewable area

2 lines by 16 character
0x20 to 0x27 (Default=0x27, addressable)
5 Vdc
White
Adjustable by potentiometer on I2c interface
80mm x 36mm x 20 mm
66mm x 16mm

Power:

The device is powered by a single 5Vdc connection.

Figure 12 : Docs LCM1602



Pinout Diagram:

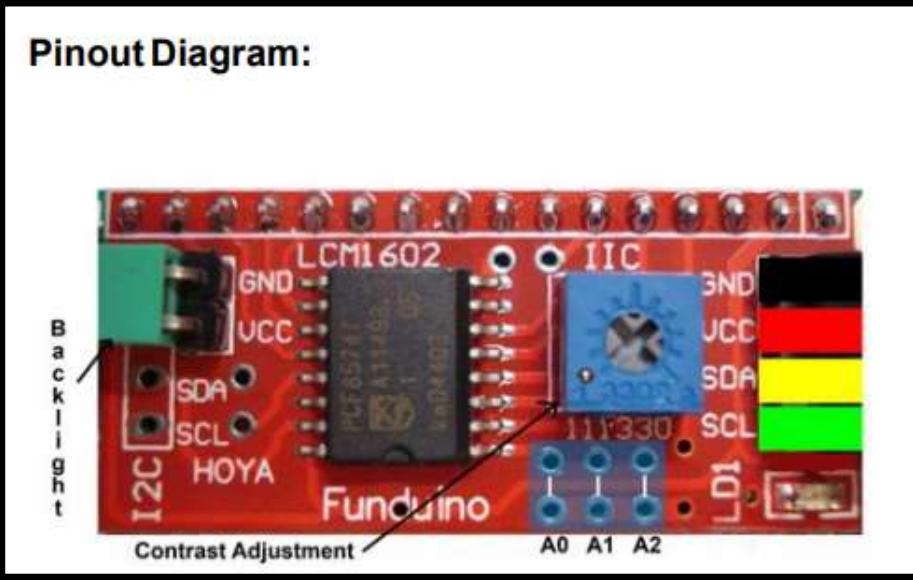


Figure 15 : Docs LCM160

Pin/Control Descriptions:

Pin #	Name	Type	Description
1	GND	Power	Supply & Logic ground
2	VCC	Power	Digital I/O 0 or RX (serial receive)
3	SDA	I/O	Serial Data line
4	SCL	CLK	Serial Clock line
A0	A0	Jumper	Optional address selection A0 - see below
A1	A1	Jumper	Optional address selection A1 - see below
A2	A2	Jumper	Optional address selection A2 - see below
Backlight		Jumper	Jumpered - enable backlight, Open - disable backlight
Contrast		Pot	Adjust for best viewing

Figure 14 : Docs LCM1602

Addressing:

A0	A1	A2	Address
Open	Open	Open	0x27
Jumper	Open	Open	0x26
Open	Jumper	Open	0x25
Jumper	Jumper	Open	0x24
Open	Open	Jumper	0x23
Jumper	Open	Jumper	0x22
Open	Jumper	Jumper	0x21
Jumper	Jumper	Jumper	0x20

Figure 13 : Docs LCM1602