

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة امحمد بوقرة بومرداس
Université M'Hamed Bougara Boumerdes



Faculté des Sciences de l'Ingénieur
Département : Ingénierie des Systèmes Electriques

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master
Spécialité : Electronique des Systèmes Embarqués

Thème :

***Etude et Simulation d'une carte électronique
« QUANTUM » à base d'un microcontrôleur Intel8051***

Présenté par :
HALOUANE Mohamed Reda
SOUALHIA Seddam

Soutenue publiquement le 28/06/2018, devant le jury composé de :

M ^{elle} MASOUT Samia	MAA	Présidente
M ^{elle} MAHDI Ismahane	MAA	Examinatrice
Dr. MOUATSI Abdelmalek	MCB	Examineur
Dr. HARRAR Khaled	MCA	Encadreur

Promotion 2017/2018

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous adressons en premier lieu notre reconnaissance à notre **ALLAH** tout puissant, de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nous adressons un grand remerciement à notre promoteur **Monsieur HARRAR Khaled**, « nous avons eu l'honneur d'être parmi vos étudiants et de bénéficier de votre riche enseignement. Vos qualités pédagogiques et humaines sont pour nous un modèle. Votre gentillesse, et votre disponibilité permanente ont toujours suscité notre admiration. Veuillez bien monsieur recevoir nos remerciements pour le grand honneur que vous nous avez fait en acceptant l'encadrement de ce travail".

Nous remercions les responsables de l'ENSP de leur acceptation, disponibilité et accueil.

Nous remercions aussi **Mr. LAMRI MOHAMED YAZID**, chef de service BHP à l'ENSP, pour son aide et encouragement.

Nous remercions également les encadrateurs de l'ENSP, service BHP, **Mrs : RAHMANIA ABDELHAK** et **ZAJMIA NOAMAN**, ingénieurs électroniciens pour leur précieuse aide et assistance ainsi que leur disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos **professeurs** pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Nous exprimons nos profonds remerciements à nos **parents** qui nous ont enseigné la patience, la politesse, le sacrifice et qui ont toujours été là pour nous.

Nous sommes conscients de l'honneur que nous ont fait les **membres du jury** d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous n'oublions pas de dire un grand merci à toutes les personnes, tous les professionnels qui ont contribué de près et de loin à l'enrichissement de notre travail et à notre épanouissement intellectuel.

Dédicaces

Nous dédions ce mémoire :

A nos très chers parents...

Témoignage d'affection et de grande

reconnaissance Que dieu les garde

A toute notre famille

Nos très chers frères et sœurs

A tous nos amis

A tous ceux qu'on aime

ملخص

أصبح مجال الطاقة و المناجم مجالاً رئيسياً في أبحاث النفط و الغاز. لقد سمح لنا ظهور المعدات الحديثة واستخدامها (مقاييس إلكترونية) بإجراء عمليات استخراج النفط والغاز بنجاح. يتم استخدامها لقياس الضغوط ودرجات الحرارة وتسجيل التغيرات في آبار النفط. إدخال مقاييس إلكترونية في آبار النفط وتسجيل التغيرات في الضغط ودرجة الحرارة لفترة من الزمن. يتم تحليل النتائج التي تم الحصول عليها وتفسيرها باستخدام الطرق الرياضية و الفيزيائية. تسمح لنا هذه الطرق بتحديد ما إذا كانت البئر منتجة أم غير منتجة. في مشروع التخرج ، تحدثنا عن المقاييس الإلكترونية المختلفة (الأقسام والملحقات والميزات) ومبدأ تشغيل أجهزة الاستشعار الخاصة بهم. كما قمنا أيضاً بتفصيل البطاقة الإلكترونية ووحدة التحكم الدقيقة، وصيانتها ومعايرة الأخطاء التي تسببها المستشعرات. تتم المعايرة باستخدام أجهزة وبرامج المعايرة التي رأيناها خلال التدريب العملي لدينا. وأخيراً قمنا بتنفيذ محاكاة على مبدأ قياس المقاييس الإلكترونية و الضغط ودرجة الحرارة باستخدام برنامج "MIKRO C" للبرمجة والبرمجيات "Proteus 8 Professional" للخطط الإلكترونية. يتم تسجيل النتائج التي تم الحصول عليها في ملف «EXCEL»، والتي يتم تحليلها وتفسيرها ومقارنتها بنتائج المؤسسة الوطنية لخدمات الآبار (ENSP).

الكلمات المفتاحية: المقاييس الإلكترونية، الضغط، حرارة، البطاقة الإلكترونية، والمتحكم الإلكتروني، صيانة و معايرة، محاكات

Résumé

L'industrie des hydrocarbures est devenue un domaine majeur dans la recherche du pétrole et du gaz. L'apparition et l'utilisation des équipements modernes (jauge électronique), nous a permis de bien mener les opérations d'extraction du pétrole et du gaz. Ces dernières servent à mesurer les pressions et les températures et enregistrer leurs changements dans les puits pétroliers.

Faisant introduire les jauges électroniques dans les puits pétroliers et procéder pendant un certain temps à l'enregistrement des variations de pressions et de températures. Les résultats obtenus sont analysés et interprétés à l'aide de méthodes mathématiques et physiques. Ces méthodes nous permettent de définir si le puit est productif ou improductif.

Dans notre projet de fin d'études, nous avons parlé sur les différentes jauges électroniques (sections, accessoires, caractéristiques) et le principe de fonctionnement de leurs capteurs.

Nous avons également détaillé la carte électronique et son microcontrôleur, leur maintenance et la calibration des erreurs causées par les capteurs. La calibration se fait à l'aide du matériel et du logiciel d'étalonnage que nous avons pu constater durant notre stage pratique.

Finalement nous avons effectué une simulation au principe de mesures des jauges électroniques, de pression et de température à l'aide du logiciel « MIKRO C » pour la programmation et le logiciel « PROTEUS » pour les schémas électroniques.

Les résultats obtenus sont enregistrés dans un fichier « EXCEL », lesquels sont analysés, interprétés et comparés aux résultats de l'Enterprise Nationale de Services aux puits (ENSP).

Mots-clés : jauges électroniques, pressions, températures, capteurs, carte électronique,

Abstract

The hydrocarbon industry has become a major area in oil and gas research. The emergence and use of modern equipment (electronic gauges) has allowed us to successfully carry out oil and gas extraction operations. These are used to measure pressures and temperatures and record their change in oil wells.

Introducing electronic gauges into oil wells and recording pressure and temperature changes for a period of time.

The results obtained will be analyzed and interpreted using mathematical and physical methods. These allow us to define whether the well is productive or unproductive.

In our final project, we talked about the different electronic gauges (sections, accessories, features) and the operating principle of their sensors.

We also detailed the electronic card and its microcontroller, their maintenance and the calibration of the errors caused by the sensors. Calibration is done using the calibration hardware and software that we have seen during our end-of-study internship.

Finally, we applied a simulation to the principle of measurements of electronic gauges, pressure and temperature using the software "MIKRO C" for programming and the software "PROTEUS" for electronic diagrams.

The results obtained are recorded in the "EXCEL" program, which are analyzed, interpreted and compared with the results of the National Well Service Enterprise (ENSP)

Keywords: electronic gauges, pressures, temperatures, oil, sensors, electronic card

SOMMAIRE

Remerciements.....	i
Dédicaces.....	ii
Résumé.....	iii
Sommaire.....	iv
Liste des figures.....	viii
Liste des tableaux.....	x
Introduction Générale.....	1
1. Présentation.....	3
2. Historique.....	3
3. Structure De l'Entreprise ENSP.....	4
4. La Direction Wire-Line/Well-Testing.....	5
Chapitre I: Généralités sur les jauges électroniques	
I.1. Introduction.....	6
I.2. Instruments de mesure utilisés par BHP	6
I.3. Caractéristiques d'une jauge électronique à mémoire.....	7
I.4. Jauge électronique de surface (Well Head Data Recorder).....	7
I.5. Jauge électronique de fond (Down Hole Memory Gauge).....	8
I.5.1. Définition.....	8
I.5.2. Composition des jauges électroniques.....	8
I.5.2.1. Section carte électronique.....	8
I.5.2.2. Section capteur.....	8
I.5.2.3 Section batterie.....	9
I.5.3. Accessoires d'utilisation d'une jauge.....	10
I.5.3.1. Housing.....	10
I.5.3.2. Fourreaux.....	10
I.5.3.3. Buffers.....	10
I.5.3.4. Dépassiveur batterie.....	11
I.5.3.5. Boite d'interface (IBOX).....	11
I.5.4. Classification.....	12
I.5.5. Jauge électronique à base du QUARTZ.....	12

I.5.5.1. Capteur à base du QUARTZ.....	13
I.5.5.1.1. Principe de fonctionnement d'un capteur de pression à base du QUARTZ.....	13
I.5.5.1.2. Capteur de la jauge à base du QUARTZ utilisée par BHP.....	15
I.5.5.2. Carte électronique à base du QUARTZ.....	17
I.5.6. Jauge STRAIN.....	18
I.5.6.1. Capteur à Contrainte.....	18
I.5.6.1.1. Principe de fonctionnement d'un capteur de pression Pièzo-Résistif (Jauge de Contrainte).....	18
I.5.6.1.2. Fonctionnement d'un capteur de température RTD.....	19
I.5.6.1.3. Capteur De Pression (Pont de Wheatstone).....	19
I.5.6.1.4. Capteur de la jauge STRAIN utilisée par BHP.....	20
I.5.6.2. Carte électronique.....	20
I.5.7. Conception finale des différentes jauges (STRAIN /QUARTZ).....	21
I.5.8. Montage d'une jauge électronique.....	22
I.6. Conclusions.....	23

Chapitre II : Étude théorique de la carte électronique QUANTUM

II.1. Introduction.....	24
II.2. Différents types des cartes électroniques utilisées dans l'AMERADA.....	24
II.2.1. Définition de QUANTUM.....	25
II.2.2. Composition de la carte électronique QUANTUM.....	26
II.2.2.1. Microcontrôleur Intel8051.....	26
II.2.2.1.1. Brochages du microcontrôleur C8051F021.....	28
II.2.2.2. Convertisseur Analogique Numérique.....	29
II.2.2.2.1. Principe de fonctionnement de l'ADC.....	29
II.2.2.3. Mémoire Flash.....	32
II.2.2.3.1. Stockage de données non volatile.....	32
II.3. Conclusion.....	33

Chapitre III : Maintenance et Calibration

III.1. Introduction.....	34
III.2. Maintenance au service BHP.....	34
III.3. Pannes survenant dans l'AMERADA.....	35

III.3.1. Changement de connecteur batterie.....	35
III.3.2. Changement des cartes mémoires défectueuses.....	36
III.3.3. Changement du capteur.....	36
III.4. Calibration de la jauge électronique du fond.....	37
III.4.1. Calibration.....	37
III.4.2. Qu'est-ce qu'une Calibration ?.....	37
III.4.3. Matériel de calibration.....	37
III.4.3.1. Bain de calibration à huile (Calibration Oil Bath).....	37
III.4.3.2. Balance à point mort (Dead Wight-tester).....	38
III.4.3.3. RPM (Reference Pressure Monitor).....	39
III.4.3.4. Communication entre jauges et PC.....	39
III.4.4. Etapes de Calibration.....	39
III.4.5. Etalonnage du transducteur.....	42
III.4.5.1. Valeurs typiques des corrections utilisées dans l'étalonnage.....	43
III.4.5.2. Calculs à l'aide de coefficients standard ou de référence.....	44
III.4.6. Présentation du logiciel de calibrage.....	45
III.4.7. Logiciel d'analyse d'étalonnage.....	46
III.5. Conclusion.....	47

Chapitre IV : Résultats et Interprétations

IV.1. Introduction.....	48
IV.2. Description du projet.....	48
IV.3. Enregistrement des données sous format Excel.....	49
IV.5. Étapes de montage et de configuration des composants du circuit	50
IV.6. Configuration.....	50
IV.7. Organigramme global de déroulement du programme.....	54
IV.7.1. Organigrammes des sous programmes.....	55
IV.8. Résultats et interprétations.....	56
IV.8.1. Types de tests effectués par le service BHP	57
IV.8.2. Résultats obtenus après la simulation.....	58
IV.9. Conclusion.....	59
Conclusion Générale.....	60
Références Bibliographique.....	61

59

60

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1:	Organigramme de l'Entreprise ENSP.....	4
 Chapitre I		
Figure I.1:	Jauge électronique de surface.....	7
Figure I.2:	Carte électronique.....	8
Figure I.3:	Capteurs électroniques. Capteur (a), partie capteur dans la jauge de Fond (b).....	8
Figure I.4:	Batteries. Différentes batteries (a), Emplacement de la batterie dans la jauge (b)	9
Figure I.5:	Composition des jauges électroniques.....	9
Figure I.6:	Housing.....	10
Figure I.7:	Fourreaux.....	10
Figure I.8:	Buffer.....	10
Figure I.9:	Dépassiveur Batterie.....	11
Figure I.10:	Boîte d'interface (IBOX).....	11
Figure I.11:	Segmentations des axes d'un Cristal de QUARTZ.....	13
Figure I.12:	Coupe de curie.....	14
Figure I.13:	Capteur de pression Piézo-Electrique à soufflet.....	14
Figure I.14:	Illustration d'une jauge à base d'un capteur de QUARTZ.....	15
Figure I.15:	Schéma bloc de circuit d'oscillateur.....	15
Figure I.16:	Variation de fréquence en fonction de la pression.....	16
Figure I.17:	Variation de fréquence en fonction de la température.....	16
Figure I.18:	Sensibilité du capteur de pression à la température.....	17
Figure I.19:	Carte électronique à QUARTZ.....	17
Figure I.20:	Principe d'un capteur de pression (Pont de Wheatstone).....	19
Figure I.21:	Fonctionnement d'un capteur de la jauge STRAIN.....	20
Figure I.22:	Conception finale des deux jauges (STRAIN /QUARTZ). Jauges à STRAIN (a), jauges à QUARTZ (b)	21
Figure I.23 :	Montage d'une jauge électronique de fond. Dépassivation de la batterie (a), montage du housing de la batterie (b), montage du housing coté capteur (c), montage des ressorts de protection (d), jauge monté et prés à l'emploi (e).....	22
 Chapitre II		
Figure II.1 :	Evolution de la carte électronique.....	24
Figure II.2 :	Carte électronique QUANTUM. Vue de face(a), vue arrière (b)	25
Figure II.3 :	Schéma du Brochage.....	27
Figure II.4 :	Démentions.....	27
Figure II.5 :	Schéma fonctionnel de microcontrôleur C8051F021	28
Figure II.6 :	Diagramme fonctionnel ADC0 12 bits.....	31

Figure II.7 : ADC Timing pour la source de déclenchement externe.....	32
Figure II.8 : Synchronisation ADC pour les sources de déclenchement internes.....	32

Chapitre III

Figure III.1 : Logigramme de la procédure de maintenance.....	35
Figure III.2 : Dessoudage et soudage du connecteur de batterie.....	36
Figure III.3 : Cartes mémoires.....	36
Figure III.4 : Bain de Calibration (MANIFOLD).....	38
Figure III.5 : Balance de Calibration et ses équipements.....	38
Figure III.6 : Affichage du panneau (RPM4).....	39
Figure III.7 : Vue d'ensemble de logiciel de Calibration.....	40
Figure III.8 : Fenêtre de réglage (poids représentant la pression).....	40
Figure III.9 : Écran d'ajustement DST.....	41
Figure III.10 : Courbe d'étalonnage typique des transducteurs de pression.....	43
Figure III.11 : Ecran de saisie des données de Calibration.....	45
Figure III.12 : Ecran d'analyse de Calibrage.....	46

Chapitre IV

Figure IV.1 : Schéma descriptif du projet.....	48
Figure IV.2 : Fichier Excel des données enregistrés.....	49
Figure IV.3 : Choix d'un composant.....	50
Figure IV.4: Étapes de configuration. Microcontrôleur (a), port RS-232 (b).....	51
Figure IV.5: Étapes de Configuration de l'HyperTerminal.....	51
Figure IV.6: Etapes de configuration.....	52
Figure IV.7: Création du fichier Excel.....	52
Figure IV.8: Circuit sur Proteus 8 Professional.....	53
Figure IV.9: Organigramme global.....	54
Figure IV.10: Organigrammes des sous programmes. Affichage de l'heure et de la date (a), lecture et la conversion des valeurs de la température et de pressions (b), conversion de données (c), affichage sur LCD (d), enregistrement des données sous Excel (e).....	56
Figure IV.11 : Courbe du test LBU.....	57
Figure IV.22 : Courbes des Résultats.....	59

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre II

Tableau II.1: Description des connexions représentées dans la Figure II.2.....25

Tableau II.2: Guide de sélection de produits.....26

Chapitre IV

Tableau IV.2: Résultats de simulation.....58

Introduction générale

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons eu l'opportunité d'effectuer un stage pratique d'une durée de deux mois et demi au sein de l'Entreprise Nationale des Services aux Puits (ENSP), Direction Wire-Line/Well-Testing, Service BHP (Bottom Hole Pressure), sise à Hassi Messaoud, wilaya d'Ouargla.

Cette Entreprise serve les différents Clients dans les domaines des hydrocarbures et de l'électronique. Au cours de ce stage, qui s'est déroulé au Service BHP, nous avons pu nous intéresser aux méthodes utilisées. Ces dernières constituent à mesurer les différents paramètres pris au fond d'un puits de pétrole avec des jauges électroniques (AMERADA) et leurs mises en œuvre.

Parmi ces paramètres, la pression et la température du fond de puits, qui sont des données de base utilisées comme référence pour diagnostiquer les réservoirs pétroliers, la nature de l'effluent et même l'état de la complétion des puits pétroliers.

Les outils utilisés au sein de ce service sont des jauges électroniques à mémoire, pourvues de plusieurs cartes électroniques à base d'un microcontrôleur. La technologie des différents capteurs offre à l'ingénieur électronicien un aperçu théorico-technique des systèmes électroniques programmables (systèmes embarqués) et leurs applications dans le domaine de l'industrie pétrolière.

Notre travail se situe dans un contexte similaire. Les mesures des capteurs de pression, de température, traitement des données et des signaux s'effectuent par la carte électronique QUANTUM. Nous avons modélisé cette carte et nous avons étudié son principe de fonctionnement. Ensuite nous avons simulé cette carte à l'aide du logiciel « MIKRO C » pour la programmation et le logiciel « PROTEUS » pour les schémas électroniques.

Ce mémoire est organisé en quatre chapitres :

- Chapitre 1 : Il est dédié aux différentes jauges électroniques, accessoires, caractéristiques, ainsi que les types de capteurs et leurs fonctionnements.
- Chapitre 2 : Il est consacré à l'étude et les spécifications de la carte électronique QUANTUM, sa dimension, son microcontrôleur et ses mémoires.
- Chapitre 3 : Il est réservé à la maintenance des jauges électroniques ainsi que la calibration (soft et hard).

- Chapitre 4 : Ce dernier chapitre présente l'application et la simulation de la carte sur « PROTEUS 8 PROFESSIONAL », la programmation sur « MIKRO C FOR PIC », l'interprétation et la comparaison des résultats et des courbes obtenus à partir des différents tests durant notre stage pratique.

1. Présentation



L'ENSP est une Entreprise de services parapétroliers dont la mission est de satisfaire durablement, par l'innovation et l'action, les besoins de SONATRACH et des clients étrangers.

Au-delà de son professionnalisme, l'ENSP est un groupe animé par une volonté de dialogue et de transparence.

La compétence et la richesse des expériences de 2700 agents sont des atouts majeurs de L'ENSP.

Avec plus d'une trentaine d'activités, le groupe ENSP est un groupe solide, centré sur des métiers de base et disposant de perspectives de croissance importante.

Le groupe ENSP évolue autour des valeurs communes ci-après :

- Le professionnalisme,
- Le respect des collaborateurs, et partenaires
- Le respect rigoureux et permanent des mesures de sécurité et de la protection.

L'ENSP est une Entreprise régné par des principes rigoureux, dotée d'une solide réputation en matière de conduite éthique, et une bonne volonté des responsables environnementales.

De plus, la continuité d'application des normes d'intégrité les plus élevées dans leurs activités.

2. Historique

La restructuration de SONATRACH opérée dans les années 1980, a donné lieu à la création de plus de 15 entreprises dont celle de l'Entreprise Nationale de Services aux Puits (ENSP).

L'ENSP a été créée en 1981 dans le cadre de la restructuration du secteur des hydrocarbures, Elle a hérité de l'entreprise SONATRACH les entités suivantes :

1. Société Altest (Filiale), SH 51%, Baker 49%.

2. Société Alfluid (Filiale), SH 51%, Milchen 49%.
3. Société Aldia (Filiale), SH 51%, Dresser Atlas 49%.
4. Société Aldim (Filiale), SH 51%, Christensen 49%.

L'ENSP assurait la Direction Opérations Spéciales de l'ex. SONATRACH.

L'ENSP, société par actions, est autonome depuis le 29 mars 1989. Son capital social actuel est de 8 Milliards de DA.

3. Structure de l'entreprise ENSP

L'Entreprise des Services aux Puits possède plusieurs directions opérationnelles dont la Direction Servicing qui permet d'assurer aux différents clients la satisfaction dans le domaine de la recherche des hydrocarbures.

Plusieurs services comme Wire-Line/Well-Testing, Snubbing.

L'ENSP assure d'autres opérations en partenariat avec des filiales étrangères à savoir:

- BJSP pour les opérations de stimulation et la cimentation, HESP pour les opérations logging,
- BASP pour les opérations de fabrication et livraison de boue du forage,
- MESP pour les opérations de déshydratation des boues et le traitement des eaux.

Organigramme représentant les Directions de l'Entreprise

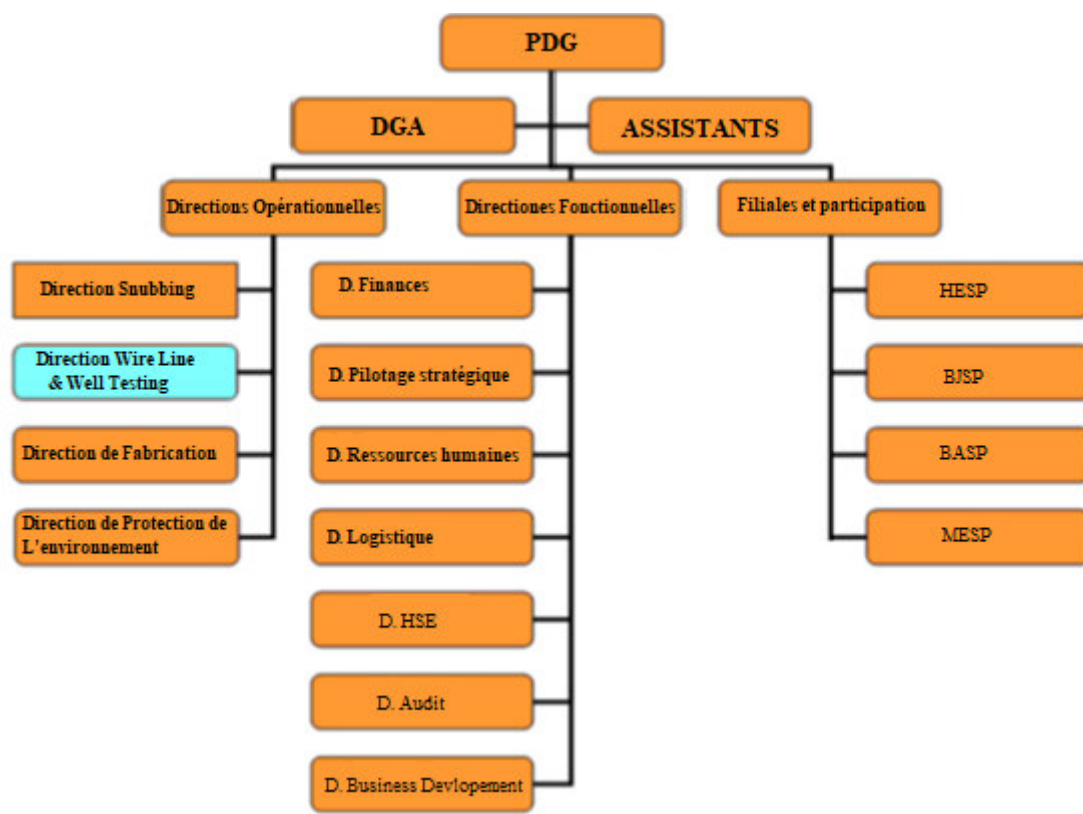


Figure 1.1 : Organigramme de l'Entreprise ENSP

4. La Direction Wire-Line/Well-Testing

La Direction Wire-Line/Well-Testing effectue quatre opérations qui sont le Wire-Line, Well-Testing, Bottom Hole Pressure (BHP) et Drill Stem Test (DST).

a) Wire-Line

Les opérations Wire-Line peuvent inclure les opérations Slick-Line et Electric-Line. L'ENSP n'effectue que les opérations suivantes :

- Slick-Line comme le grattage (nettoyage de tubing),
- extraction des échantillons de brut,
- faire descendre dans les puits les AMERADA (les instruments de mesures de pression et de température de fond),
- faire descendre les vannes de sécurité de fond
- Récupérer les différents outils perdus dans le trou.

Toutes ces opérations s'effectuent sans endommager les puits de production.

b) Well-Testing

Les opérations Well-Testing sont effectuées pour évaluer le rendement d'un puit. La plupart de ses tests sont effectués avec des séparateurs de gravité traditionnelle, qui sépare le flux de production en huile, eau, gaz et les impuretés, et cela pour savoir les proportions des différents produits.

c) Drill Stem Test (DST)

DST est une procédure visant à déterminer la capacité de production, de la pression, la perméabilité de l'étendue d'un réservoir de pétrole ou de gaz. Cette procédure est un test d'écoulement, effectué sur des formations isolées dans le but de déterminer les fluides présents et la vitesse à laquelle peuvent être produits, et cela en utilisant différents outils.

d) Bottom Hole Pressure (BHP)

Le service BHP permet de mesurer la pression et la température au fond, en adaptant des instruments adéquats aux conditions extrêmes d'utilisation comme les hautes pressions, les hautes températures, la corrosion engendrée par la présence du H₂S et du CO₂.

Ces dernières années, le service BHP fait même des mesures de pression et de température en surface.

Chapitre I

Généralités sur les jauges électroniques

Généralités sur les jauges électroniques

I.1. Introduction

L'enregistreur à jauge électronique de test de puits est une jauge construite autour d'un capteur de jauge à QUARTZ compensé et conçu pour mesurer la pression et la température de fond. Cette jauge a été développée pour répondre aux travaux où la dérive et la résolution sont des préoccupations majeures tels que les travaux de longue durée et les tests dans les réservoirs à haute mobilité où les changements de pression sont minimes. Elle est caractérisée par une très haute sensibilité à la température, particulièrement appropriée pour les travaux où des changements de température transitoires se produisent (par exemple, les puits de gaz et de condensat).

La jauge électronique peut être exécutée en mode lecture de surface (Well Head Data Recorder) ou en mode enregistreur (Recorder). Elle est également entièrement compatible avec le système Data Latch (« Latch » signifiant « verrou, loquet »). [1]

La section de capteur et son électronique associée sont indépendantes de la section enregistreuse commune aux jauges électroniques à Contraintes.

I.2. Instruments de mesure utilisés par BHP

Les mesures de pression et de température de fond sont réalisées à l'aide des jauges électroniques à mémoires (Down Hole Memory Gauges) comme instrument de mesure.

Ces jauges peuvent rester de quelques heures à quelques mois au fond des puits pour collecter les données tant que les batteries d'alimentation utilisées ne sont pas épuisées. Pour faire descendre ces jauges au fond des puits, le service BHP fait appel au Wire-Line (Slick-Line).

Pour les mesures en surface, ce service utilise des jauges électroniques de surface (Well Head Data Recorder). Ces instruments peuvent enregistrer les données (température et pression) durant des périodes allant de quelques heures à quelques mois.

Les jauges électroniques utilisées sont souvent exposées à des conditions très sévères (choc, température et pression élevées, fluides corrosifs tel que le H₂O et le CO₂). Elles doivent avoir des niveaux élevés de :

- Fiabilité
- Qualité d'enregistrement,
- Flexibilité

I.3. Caractéristiques d'une jauge électronique à mémoire

- Pression de service : le service BHP dispose de trois plages de service dans son parc de jauge de fond, 10 000 psi, 16 000 psi et 25 000 psi.
- Température de service : 150 °C, 177 °C et 200 °C.
- Capacité de mémoire : 1,4 Million data set à 2.2 Million data set.
- Type de capteur : QUARTZ & STRAIN, chacun a sa propre précision et résolution.

I.4. Jauge électronique de surface (Well Head Data Recorder)

Ces jauges permettent la mesure de la température et de la pression à la surface (tête de puits). Le service BHP utilise les Well Head Data Recorder (WHDR) fournis par SPARTEK SYSTEMS (Figure I.1). Ce système peut être configuré pour mesurer jusqu'à deux pressions indépendantes et une température.

Tous les éléments sont étalonnés indépendamment du corps principal, ce qui permet à l'utilisateur de configurer le système selon les besoins. Pour l'alimentation le système utilise une batterie intelligente en Lithium qui est rechargeable.

Ce système d'alimentation fournit à l'utilisateur l'information nécessaire pour veiller à ce que la puissance est suffisante pour la durée de la conversion analogique numérique.

Avec une mémoire capable de stocker jusqu'à 2 millions d'échantillons, à pleine charge.

Le WHDR de faible puissance a la capacité d'acquisition de données pour plus d'un an.

Ce système utilise un capteur de pression SAPHIR et un capteur RTD pour la température.

Le capteur SAPHIR un capteur Pièzo-Résistif.

Le SAPHIR est un monocristal très dur qui possède une très bonne élasticité et une insensibilité à la température.



Figure I.1 : Jauge électronique de surface

I.5. Jauge électronique de fond (Down Hole Memory Gauge)

I.5.1. Définition

C'est un élément de mesure regroupant deux capteurs (pression et température) et une carte électronique qui dispose des mémoires EPROM pour le stockage des données. Un logiciel fourni par le constructeur sert à communiquer avec la jauge afin de la programmer ou télécharger les données enregistrées.

I.5.2. Composition des jauges électroniques

Toute jauge se compose essentiellement de trois sections :

I.5.2.1. Section carte électronique

Elle contient un microcontrôleur muni d'un microprogramme pour le traitement et la programmation des données, d'une EEPROM (Electrically Erasable programmable ROM) pour l'enregistrement des données et des circuits intégrés pour le traitement de signal (Figure I.2).



Figure I.2 : Carte électronique

I.5.2.2. Section capteur

La jauge se distingue par le type de son capteur. Son rôle est de faire la conversion de la grandeur physique à mesurer (température ou pression) à une grandeur électrique (tension ou fréquence), qui sera traitée ultérieurement par la carte électronique (Figure I.3).

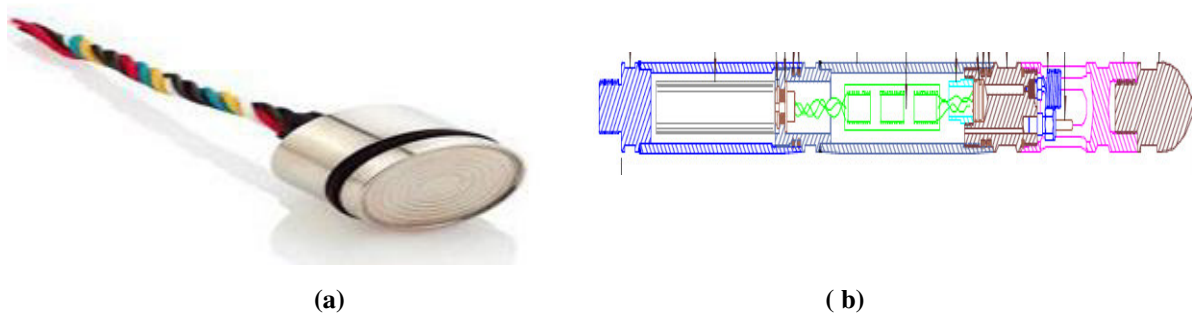


Figure I.3 : Capteurs électroniques. Capteur (a), partie capteur dans la jauge de fond (b)

I.5.2.3 Section batterie

Elle représente l'alimentation de tous les circuits électroniques existants sur la carte et le capteur. Les constructeurs des jauges électroniques utilisent les batteries à base de Lithium qui possède une bonne autonomie. Cette dernière varie en fonction du pas d'échantillonnage (Scanning Rate) et de la durée du test effectué (Figure I.4).



Figure I.4 : Batteries. Différentes batteries (a), Emplacement de la batterie dans la jauge (b)

La figure I.5 représente l'ensemble des sections constituant la jauge électronique.

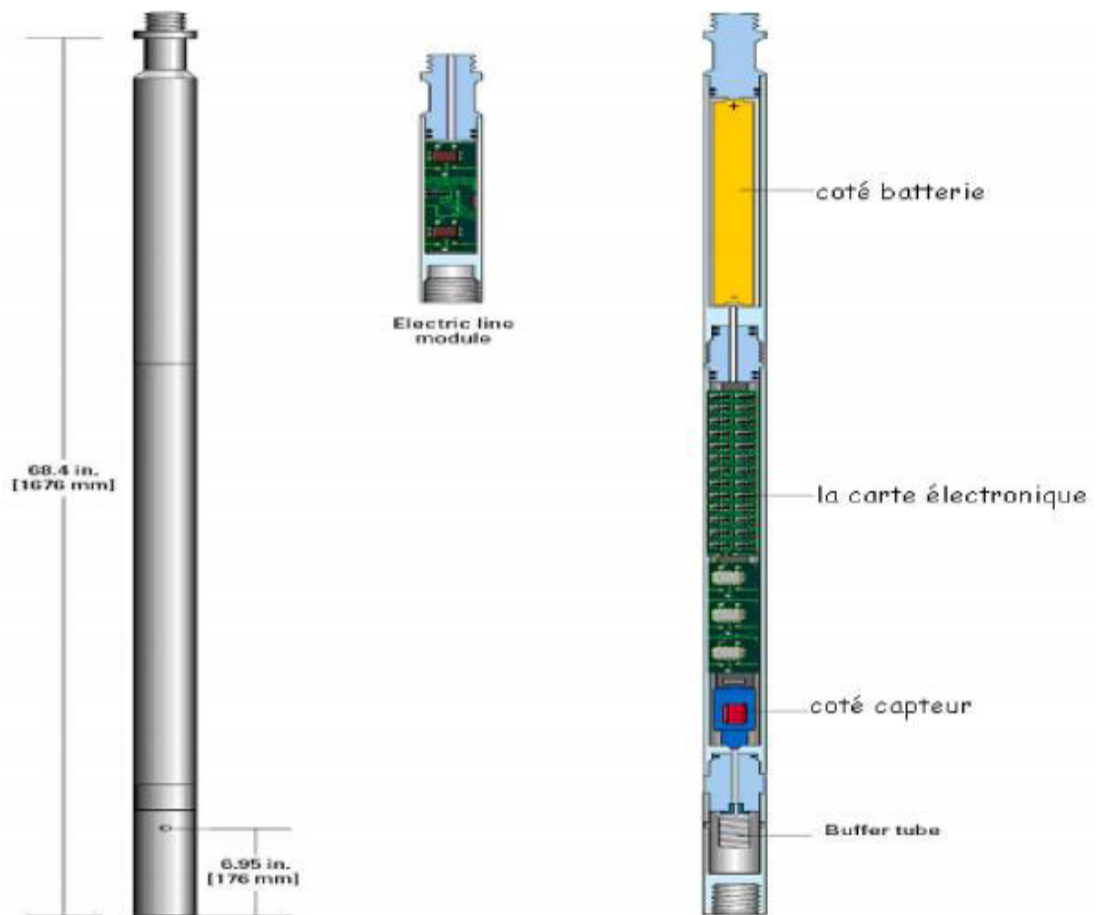


Figure I.5 : Composition des jauges électroniques [3]

Pour permettre l'utiliser de la jauge de fond, on a besoin de plusieurs accessoires :

I.5.3. Accessoires d'utilisation d'une jauge

I.5.3.1. Housing

C'est une protection faite d'un métal résistant à la corrosion, à la haute pression et aux hautes températures.

Il possède des « o-rings » aux extrémités pour ne pas laisser la pression et le brut ou le gaz abimer les autres composants de la jauge (capteur, carte électronique).



Figure I.6 : Housing

I.5.3.2. Fourreaux

C'est un cylindre métallique à l'intérieur duquel on met la jauge pour la faire descendre dans le puits (Figure I.7). Il est muni d'un trou sur le côté pour laisser rentrer le brut ou le gaz. Il possède à ses deux extrémités intérieures des ressorts qui ont pour rôle d'amortir les vibrations de la jauge, car des fortes vibrations peuvent endommager le capteur.

L'une de ses extrémités externes sera fixée au train Wire-line et l'autre extrémité est équipée d'une ogive aérodynamique de telle manière à minimiser les vibrations lors des tests en écoulement dynamique. [3]



Figure I.7 : Fourreaux

I.5.3.3. Buffers

Un buffer est un serpentín vissé sur la jauge de côté du capteur d'une manière à le protéger des fluides de procès qui peuvent l'endommager.



Figure I.8 : Buffer

I.5.3.4. Dépassiveur batterie

Il se connecte avec le multimètre et la batterie pour estimer la charge de batterie restante, et pour rendre active la batterie dans le cas où elle n'avait pas servi depuis longtemps (Figure I.9). [4]

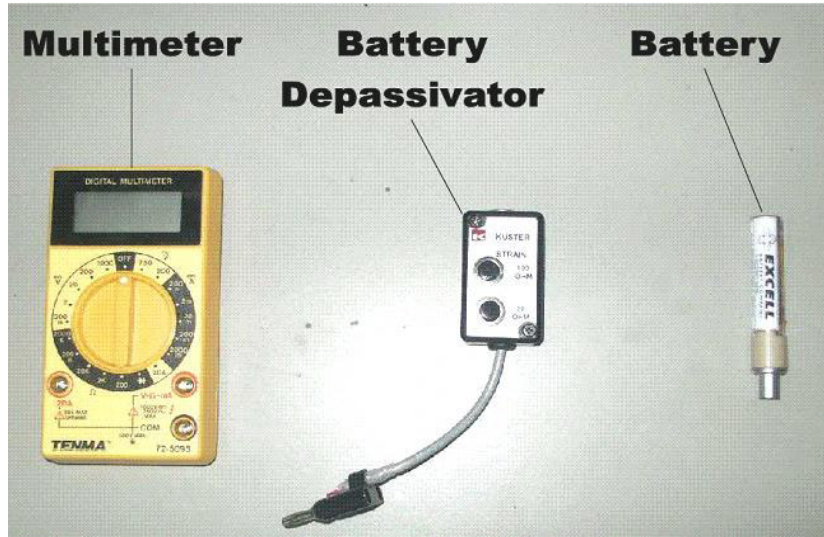


Figure I.9 : Dépassiveur Batterie

I.5.3.5. Boite d'interface (IBOX)

Une extrémité est connectée à la jauge et l'autre au PC par un câble USB.

Son rôle est de permettre la communication de la jauge avec le logiciel du constructeur qui est installé sur le PC, dans le but de programmer ou télécharger les données enregistrées. [4]

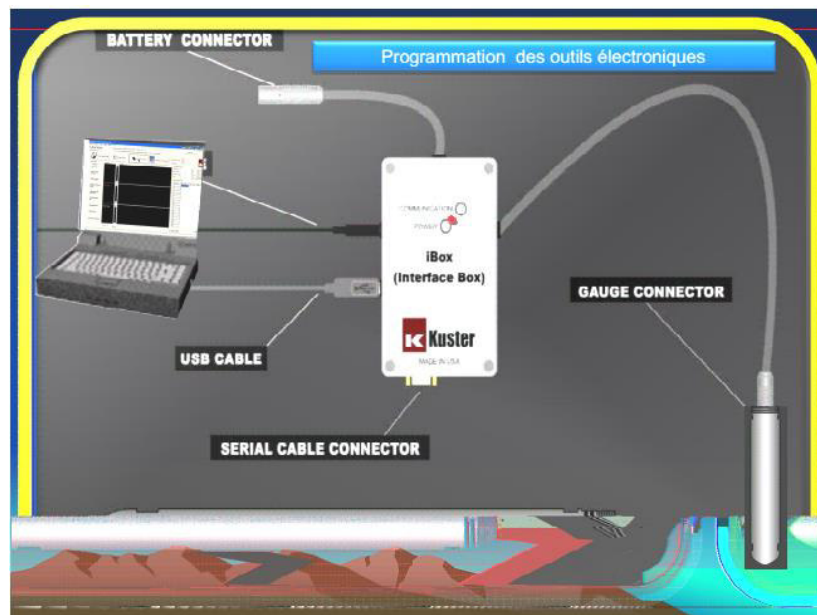


Figure I.10 : Boite d'interface (IBOX)

I.5.4. Classification

On peut classer les jauges selon le capteur en deux types :

- Jauge électronique à QUARTZ : Cette jauge est constituée de deux parties, une pour le capteur de pression et de température à QUARTZ et l'autre pour la carte électronique.
- Jauge électronique à Contrainte (STRAIN) : La même architecture que la première mais avec un autre genre de capteur de pression et température, au lieu d'un capteur a QUARTZ on trouve un capteur a pont de résistance (Wheatstone) et un RTD (Resistance Temperature Detectors).

Remarque :

Les jauges de fond utilisées dans ce service sont de la marque KUSTER ou METROLOG. Leurs diamètres sont différents (3/4 ", 1", 1"1/4) pour les jauges à QUARTZ et (3/4", 1") pour les jauges STRAIN.

L'ENSP possède deux types de jauges de fond et cela en fonction du type de capteur utilisé.

I.5.5. Jauge électronique à base du QUARTZ

Les jauges avec capteur en QUARTZ sont conçues avec l'industrie numérique de QUARTZ-DYNE. La jauge QUARTZ est disponible pour des opérations allant en terme de température jusqu'à 150°C et 177°C.

Ces jauges de QUARTZ ont été conçues avec l'électronique haute température et une technologie qui fournit des QUARTZ de classe mondiale pour la fiabilité et la qualité supérieure des données.

Cette jauge permet l'enregistrement des données sur 4 composants de Mémoire Flash pour accroître la fiabilité des données. Cette conception permet aussi la possibilité d'enregistrer jusqu'à 1.400.000 de données.

L'ensemble de ces jauges sont également disponibles pour **SRO** « Surface **R**ead **O**ut » jauge de surface.

Le logiciel a été conçu pour faire plus d'interface avec les outils. C'est une façon de créer des rapports Excel simplifiés et gérer l'utilisation de la pile.

Ce logiciel est utilisé en plusieurs langues avec les options d'affichage.

Toutes les jauges en QUARTZ sont fabriquées à partir de l'Inconel 925 alliages 718/Incoloy. Ces matériaux sont entièrement reconnus par la NACE comme résistant au H₂O et au CO₂.

I.5.5.1. Capteur à base du QUARTZ

Dans ce type de jauges, le capteur de pression et celui de température sont des capteurs Piézo-Électriques à base de QUARTZ.

I.5.5.1.1. Principe de fonctionnement d'un capteur de pression à base du QUARTZ [5]

Le piézoélectrique est basé sur le concept simpliste de l'éponge. Une éponge sèche ne présente aucune prédisposition particulière, dès lors que l'eau la touche, l'éponge tend à prendre du volume et lorsqu'elle est pressée elle restitue l'eau dont elle est gorgée. En réalité le mot piézoélectrique vient de cette capacité à transformer l'énergie, du grec : presser. Les matériaux piézoélectriques sont de différentes natures, le QUARTZ cristallin est le plus connu, une excitation mécanique va l'obliger à fournir une sortie en pico Coulombs, une excitation électrique va le forcer à se déformer. Une piézite de synthèse en titano-zirconate de plomb ($\text{PbZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$, abrégé en PZT) va offrir le même résultat, tout comme les plastiques piézoélectriques en PVF2 ou PVDF. La suite est un peu plus complexe, le matériau doit-être muni d'électrodes pour restituer la mesure ou recevoir l'énergie électrique. Dans le cadre d'un plastique, le concept est simpliste, dans le cadre de QUARTZ ou de matériau de synthèse c'est un peu plus complexe. Dans tous les cas l'élément sensible permet une mesure de la force correspondant à l'équation $F = MY$ où M est la masse et Y l'accélération.

- Un cristal de QUARTZ est constitué de silice (SiO_2).
- Il a une section hexagonale avec des extrémités prismatiques.
- Il présente une anisotropie suivant 3 axes (Figure I.11) :

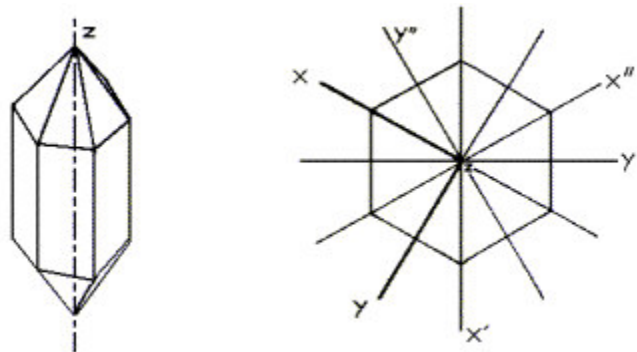


Figure I.11 : Segmentations des axes d'un Cristal de QUARTZ

- Les axes « x », « x' » et « x'' » sont les axes électriques,
- Les axes « y », « y' » et « y'' » sont les axes mécaniques,
- L'axe « z » qui passe par les sommets de ses extrémités est l'axe optique.

La lame de cristal est taillée suivant les axes qui privilégient la grandeur à mesurer (température, pression), et lorsqu'elle sert d'horloge elle devient plus indépendante. Ses faces sont placées entre deux plaques conductrices.

Exemple : Si les faces de la lame sont perpendiculaires à l'axe X la coupe est dite Coupe de Curie (Figure I.12).

Elle possède deux fréquences de résonance F1 et F2 (voir(I.1) et (I.2)):

$$F1 = 2.86 * \frac{10^6}{E} \tag{I.1}$$

$$F2 = 2.86 * \frac{10^6}{L} \tag{I.2}$$

Où : E : épaisseur et L : largeur en mètres.

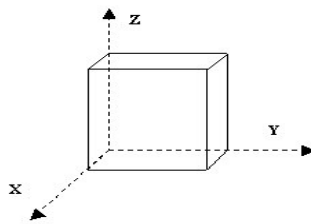


Figure I.12 : Coupe de curie

- Les capteurs de pression à QUARTZ sont très précis.
- La pression à mesurer est appliquée au résonateur en QUARTZ d'un circuit oscillant.
- Les variations de la pression font varier la fréquence de résonance du circuit oscillant.

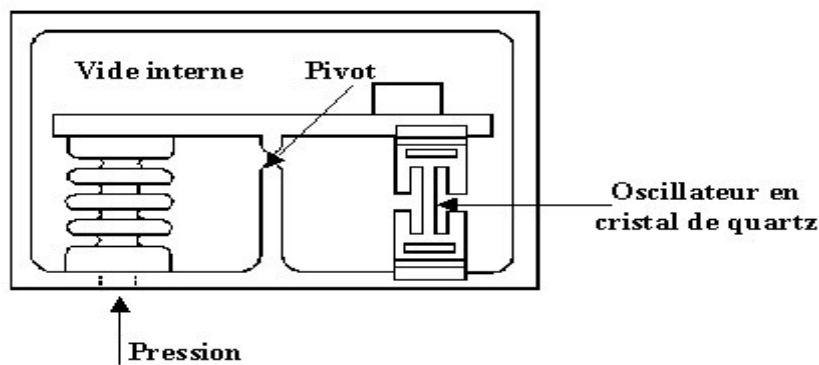


Figure I.13 : Capteur de pression Piézo-Electrique à soufflet

I.5.5.1.2. Capteur de la jauge à base du QUARTZ utilisé par BHP [6]

Les capteurs à QUARTZ utilisés pour la température et la pression dans ce type de jauges sont rassemblés dans un transducteur fabriqué par la firme QUARTZ-DYNE.

Ce transducteur a pour rôle de changer la fréquence du signal de sortie en fonction des grandeurs physiques (température et pression) appliquées.

Il contient trois cristaux à QUARTZ, Les deux premiers sont très sensibles et fonctionnent comme des éléments capteurs de température et de pression, le troisième est moins sensible et représente un cristal de référence.

Les trois cristaux sont arrangés de façon à fournir un bon couplage thermique.

Les éléments à QUARTZ permettent une très bonne stabilité et une très fine résolution quand il s'agit de détection de pression.

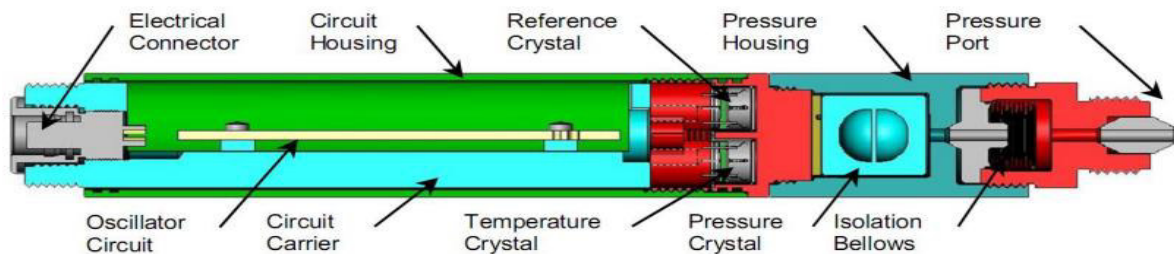


Figure I.14 : Illustration d'une jauge à base d'un capteur à base du QUARTZ

La figure I.15 (ci-dessus) représente les trois cristaux qui sont liés au circuit électrique.

Le capteur et il se compose de trois oscillateurs, deux mélangeurs, des circuits de mémoires tampons (Buffers) et un régulateur.

Les signaux de sorties des deux capteurs sont des signaux à basse fréquence (10-100kHz) et le signal de sortie de cristal de référence est un signal à fréquence élevée (7,2 MHz).

Le transducteur doit être raccordé à une alimentation et à un compteur de fréquence. [6]

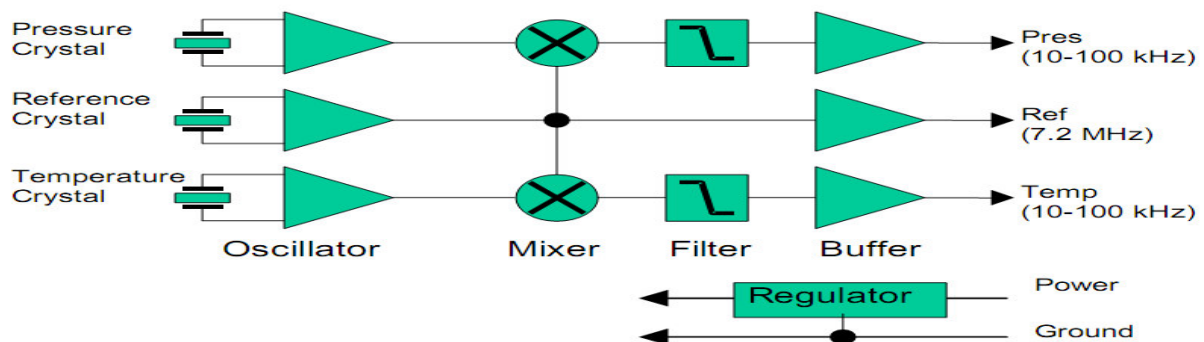


Figure I.15 : Schéma bloc de circuit d'oscillateur

Le circuit oscillant permet de convertir les fréquences de résonance mécaniques à QUARTZ en signaux électriques.

La fréquence de cristal de référence est mélangée avec les fréquences des deux capteurs à l'aide de mélangeur (Mixer) pour rendre ces signaux plus faciles à compter et à transmettre.

Les deux graphes suivants illustrent la variation de la fréquence en fonction de la température pour le capteur de température et en fonction de la pression pour le capteur de pression. [6]

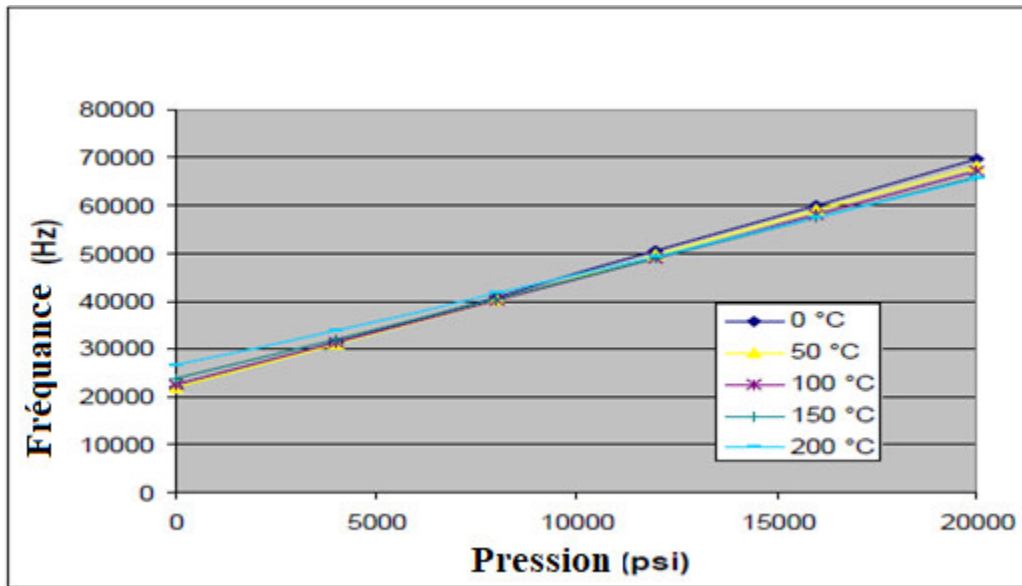


Figure I.16 : Variation de fréquence en fonction de la pression

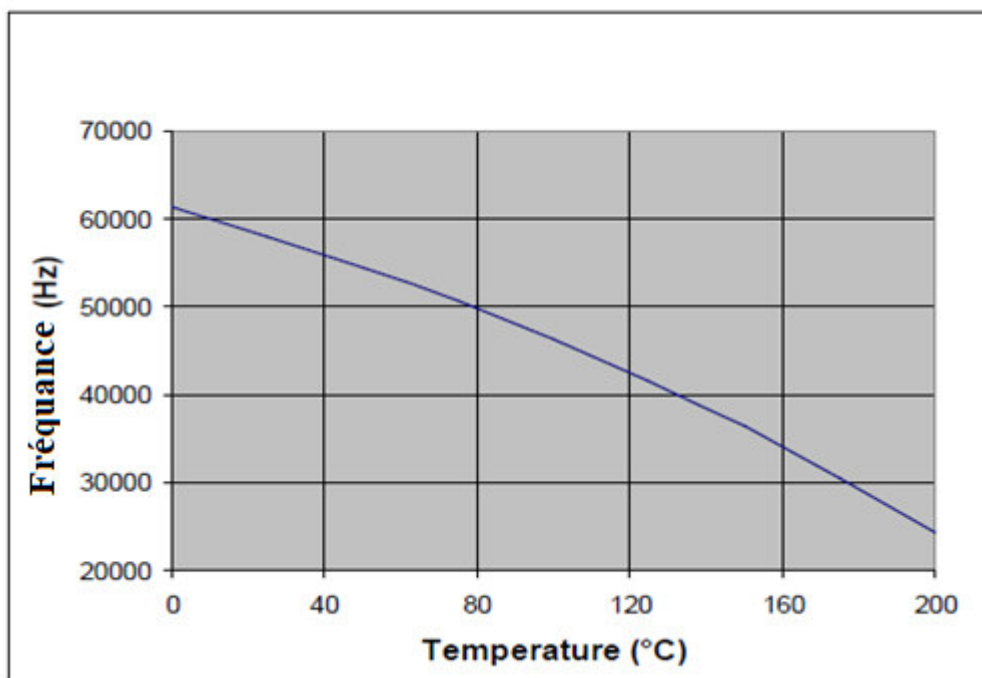


Figure I.17 : Variation de fréquence en fonction de la température

Le capteur de pression a été conçu pour minimiser les erreurs transitoires dans le travail de fond. La figure I.18 montre le graphe de la sensibilité du capteur de pression à la température.

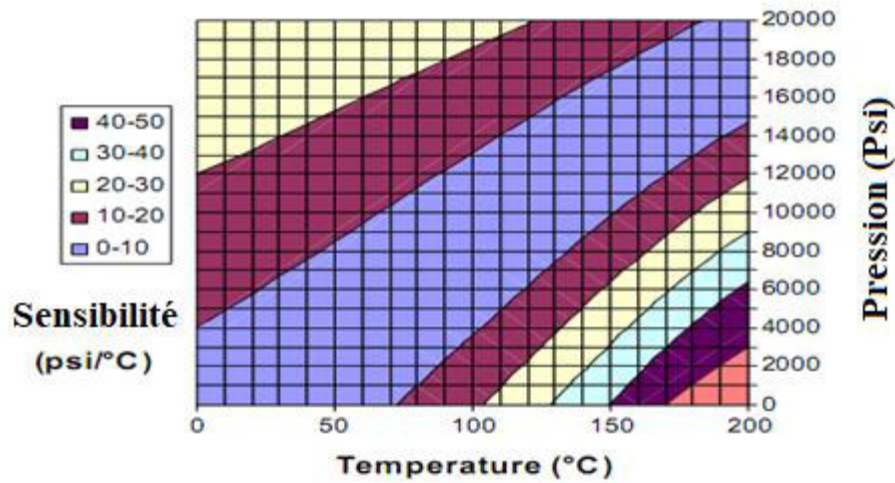


Figure I.18 : Sensibilité du capteur de pression à la température

I.5.5.2. Carte électronique à base du QUARTZ

La carte électronique de la jauge à QUARTZ se compose d'un système numérique conçu autour d'un microcontrôleur qui gère la programmation de la jauge, l'enregistrement et le transfert des données.

Des circuits mémoires EEPROM pour le stockage des données et d'autres circuits intégrés pour le traitement de signal.

La carte est alimentée par une tension continue entre 3.1v et 3.6v. La tension est assurée par la batterie en Lithium (Figure I.19). [3]

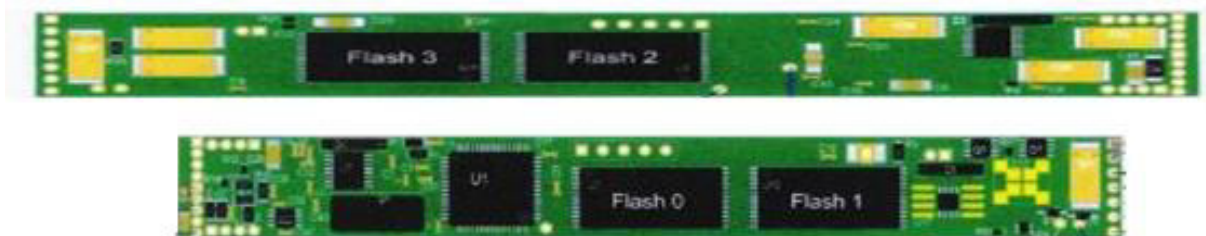


Figure I.19 : Carte électronique à QUARTZ

I.5.6. Jauge STRAIN

La résistance électrique extensomètre est constitué par une grille de fil métallique mince (habituellement constantana) Appliquée de façon rigide sur un support plastique. Il a été inventé par Edward E. Simmons et Arthur C. Ruge dans 1938.

La jauge de Contrainte est utilisée par le collage sur la surface du corps à laquelle vous souhaitez mesurer les déformations en utilisant généralement des adhésifs instantanés tels que cyanoacrylate. La jauge de fil suit les déformations de la surface à laquelle il est lié, d'étirement et de raccourcissement avec elle, ces changements dimensionnels provoquent une variation de la résistance électrique du fil. En mesurant, à travers un pont de Wheatstone, de telles variations peuvent être remonté à l'entité de la déformation qui a causé.

I.5.6.1. Capteur à Contrainte

Dans ce type de jauges le capteur de pression est un capteur Pièzo - Résistif et le capteur de température est une RTD (Resistance Temperature Detectors).

I.5.6.1.1. Principe de fonctionnement d'un capteur de pression Pièzo-Résistif (jauge à Contrainte)

Ces capteurs sont très utilisés pour la mesure de la pression.

Bien qu'ils aient une faible sensibilité, ils sont robustes, relativement simples, possèdent d'excellentes caractéristiques de linéarité et d'hystérésis dans une grande gamme de température. Ils mesurent la différence entre la pression appliquée au capteur et la pression interne du capteur. Généralement le vide se trouve à l'intérieur du capteur qui mesure la pression absolue qui lui a été appliquée.

La construction de ces capteurs dépend de la pression maximum qui leur est appliquée :

Pour une pression inférieure à 100 Kg/cm², deux jauges à Contrainte mesurent la déformation (élastique bien sûr) d'un soufflet qui s'allonge ou d'un diaphragme qui se gonfle en fonction de la pression appliquée entre l'extérieur et l'intérieur du capteur. Mais dans le cas de pressions supérieures, les deux jauges à Contrainte mesurent la déformation de la paroi d'un tube dont l'intérieur est soumis à la pression à mesurer.

La résistance des deux jauges à Contrainte varie en fonction de leur déformation et donc en fonction de la pression.

Deux autres jauges sont ajoutées dans le capteur de telle sorte qu'elles soient à la même température que les deux premières mais sans être soumises aux déformations dues à l'effet de pression.

La résistance des quatre jauges varie également en fonction de la température.

Un montage en pont permet d'obtenir la somme des variations dues à la pression et d'annuler celles dues à l'effet de température.

Il subsiste néanmoins une légère influence de la température qui peut être réduite, soit par un circuit électronique de compensation, soit en mesurant la température du capteur et en utilisant un algorithme de calcul de correction.

La figure I.20 représente le montage du pont de Wheatstone, constitué de : [5]

- 4 résistances
- Un générateur de fem E
- Un détecteur

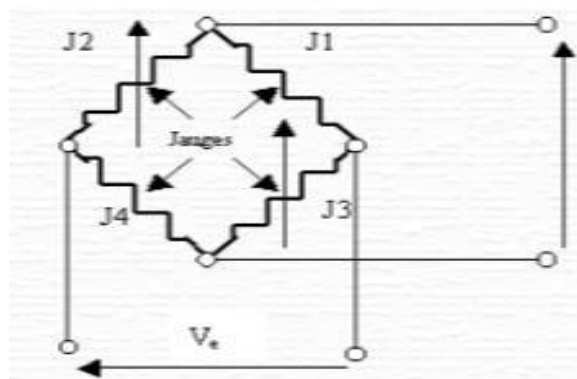


Figure I.20 : Principe d'un capteur de pression (Pont de Wheatstone)

I.5.6.1.2. Fonctionnement d'un capteur de température RTD

Les capteurs RTD (Résistance Température Detectors) ce qui signifie en français (Résistances détectrices de température) sont des capteurs constitués d'un métal (Platine) dont la résistance varie linéairement avec la température.

I.5.6.1.3. Capteur de pression (Pont de Wheatstone)

Un pont de Wheatstone est un instrument de mesure inventé par Samuel Hunter Christie en 1833, puis amélioré et popularisé par Charles Wheatstone en 1843. Il est utilisé pour mesurer une résistance électrique inconnue par équilibrage de deux branches d'un circuit en pont, avec une branche contenant le composant inconnu.

Le capteur de pression de cette jauge est caractérisé par un diamètre réduit (9,5 mm pour le plus petit).

La membrane d'isolement du capteur est soudée par faisceau laser.

Ce procédé permet d'éliminer les espaces morts à l'encastrement de la membrane et le risque de corrosion par crevasses.

Cette réalisation, très automatisée, permet de réduire les coûts de fabrication et d'augmenter le niveau de performance (Stabilité, Fiabilité, Qualité).

Ces capteurs sont très robustes comparés aux capteurs à QUARTZ.

I.5.6.1.4. Capteur de la jauge STRAIN utilisé par BHP

Le capteur de pression comporte une cellule de mesure constituée d'une puce Pièzo-Résistif en silicium fermée par une plaque en pyrex.

Un pont de résistances est diffusé dans la membrane micro-usinée dans la puce.

La cellule de mesure est assemblée sur une traversée étanche, puis connectée au moyen de fils d'aluminium ou d'or.

La traversée est soudée, dans l'huile, à l'arrière du boîtier en regard de la membrane d'isolement.

La pression appliquée sur la membrane d'isolement est transférée via l'huile de remplissage à la cellule de mesure.

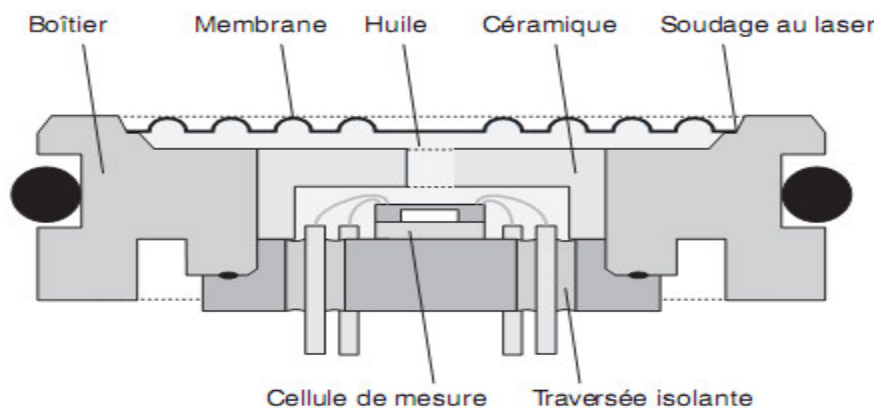


Figure I.21 : Fonctionnement d'un capteur de la jauge STRAIN

I.5.6.2. Carte électronique

La carte électronique est la même que celle de la jauge à QUARTZ. Mais pour la jauge STRAIN le convertisseur analogique numérique est utilisé pour convertir le signal analogique de la sortie du transducteur de la jauge STRAIN en un signal numérique pour qu'il puisse être traité par le microcontrôleur car le capteur ne possède pas un convertisseur analogique numérique à l'intérieur.

I.5.7. Conception finale des différentes jauges (STRAIN /QUARTZ)

En général, il existe deux types des jauges STRAIN et QUARTZ (Figure I.22). [6]

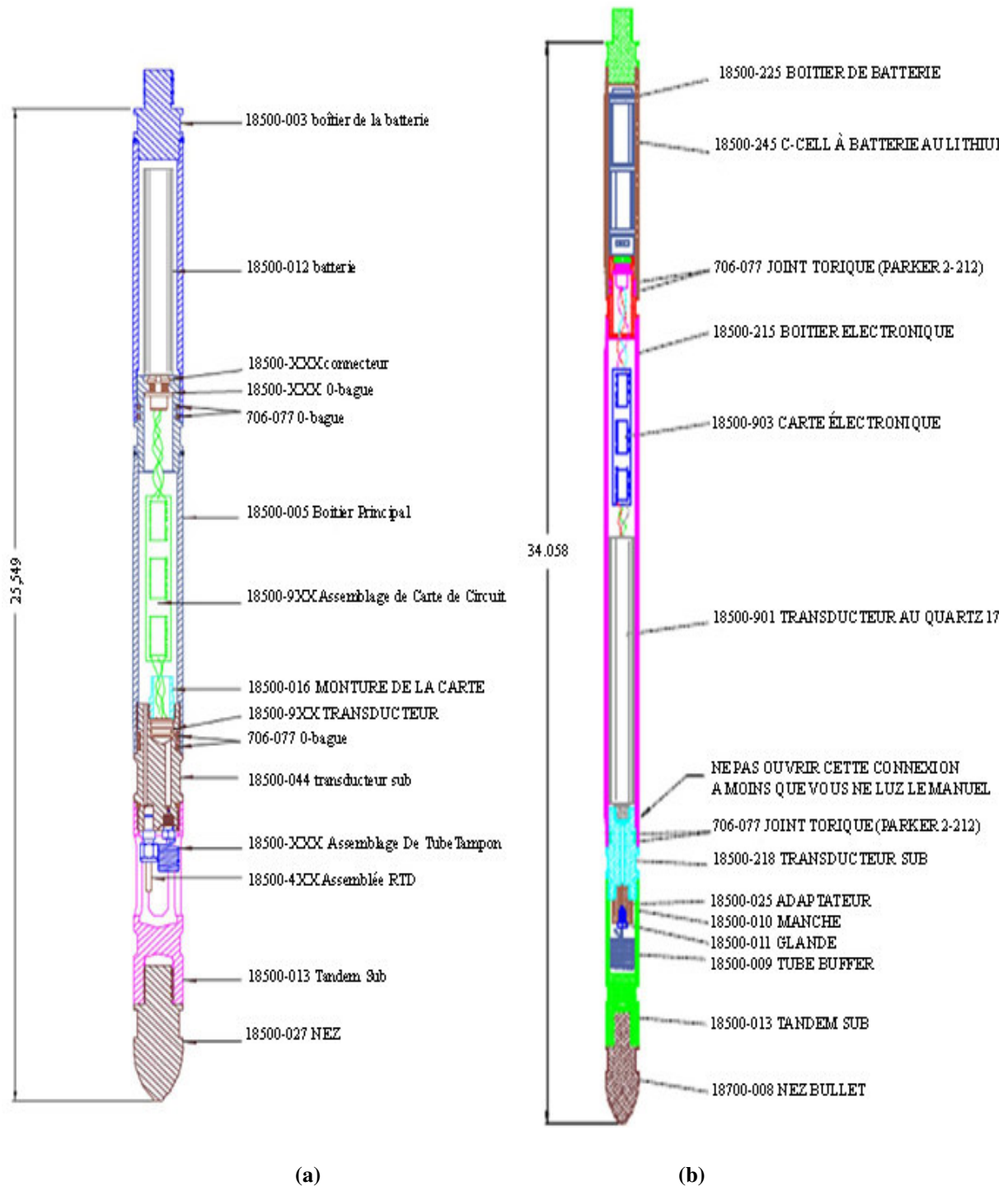


Figure I.22 : Conception finale des deux jauges (STRAIN /QUARTZ). Jauge à STRAIN (a), jauge à QUARTZ (b)

I.5.8. Montage d'une jauge électronique

Les figures I.23 illustre l'opération effectuées sur terrain.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Figure I.23 : Montage d'une jauge électronique de fond. Dépassivation de la batterie (a), montage du housing de la batterie (b), montage du housing coté capteur (c), montage des ressorts de protection (d), jauge monté et près à l'emploi (e)

I.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté brièvement les différentes jauges utilisées dans le service BHP ainsi que tous les accessoires nécessaires pour sa mise en œuvre. Nous avons constaté leur importance au sein dans l'entreprise nationale de service au puit (ENSP).

La jauge électronique se compose de deux types de jauges, une jauge de surface et une jauge de fond chacune a son champ.

La jauge de fond est un outil qui permet de mesurer la température et la pression de brut dans les puits de pétrole à l'aide des différents capteurs et des différentes cartes électroniques pour le traitement de l'information.

Les jauges électroniques jouent un important rôle dans le domaine pétrolier. L'arrêt d'une jauge électronique ou son mauvais fonctionnement provoque des pertes considérable à l'économie de l'Entreprise. Alors en peut conclure l'importance de la jauge électronique dans l'Entreprise.

Chapitre II

Étude théorique de la carte électronique
QUANTUM

Étude théorique de la carte électronique QUANTUM

II.1. Introduction

Dans le domaine de l'électronique des systèmes embarqués la conversion analogique numérique est très essentielle due à l'utilisation fréquente des capteurs. Les signaux fournis par ses capteurs sont traités par des microcontrôleurs qui possèdent des blocs de conversion ADC. L'évolution des cartes électroniques permet d'augmenter la précision et la rapidité des traitements.

La dernière génération des cartes électronique utilisée dans l'AMERADA est la carte QUANTUM.

II.2. Différents types des cartes électroniques utilisées dans l'AMERADA

La figure II.1 montre l'évolution des cartes construites par Kuster Company.

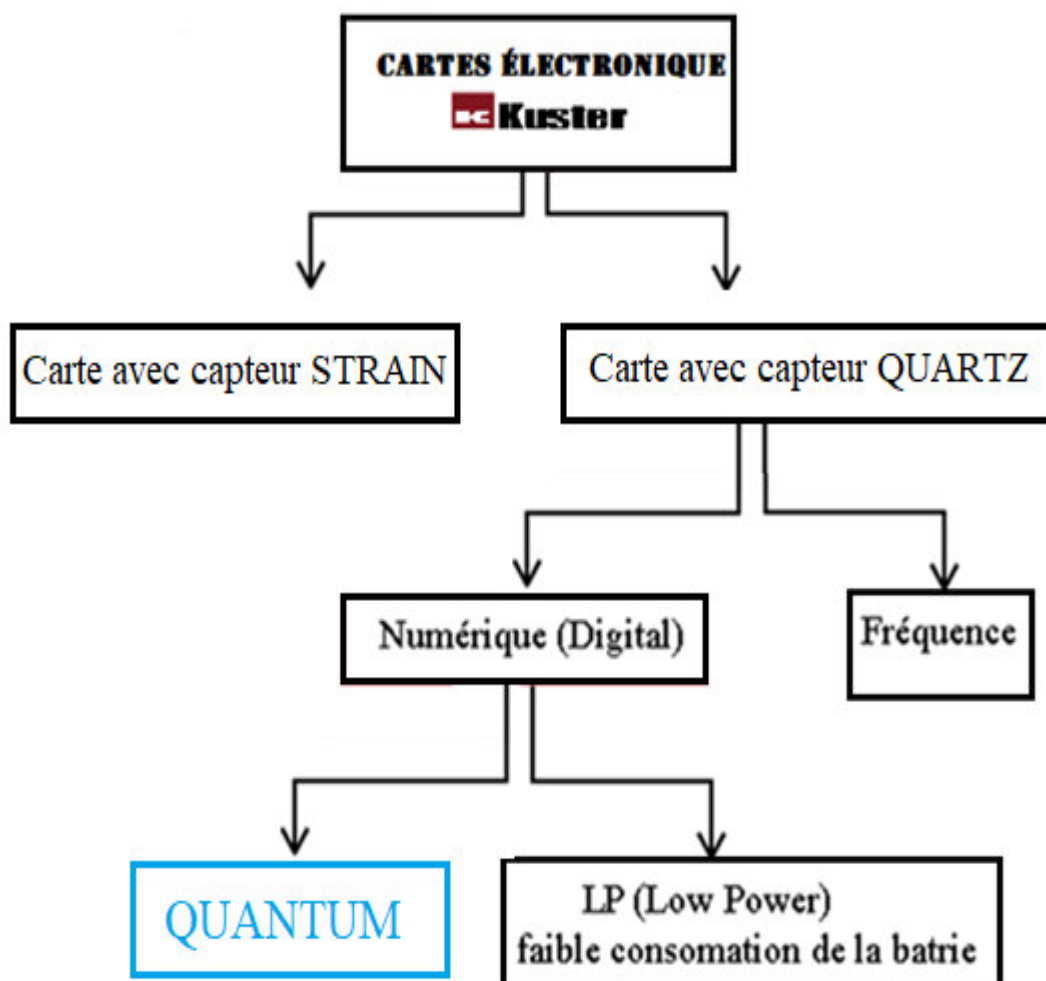
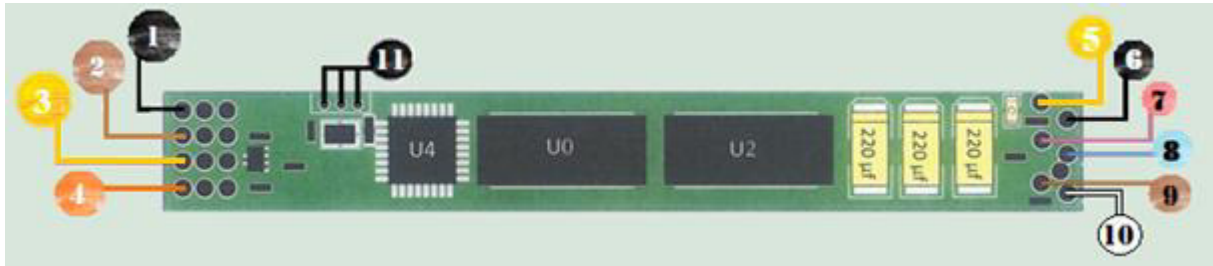


Figure II.1 : Evolution de la carte électronique

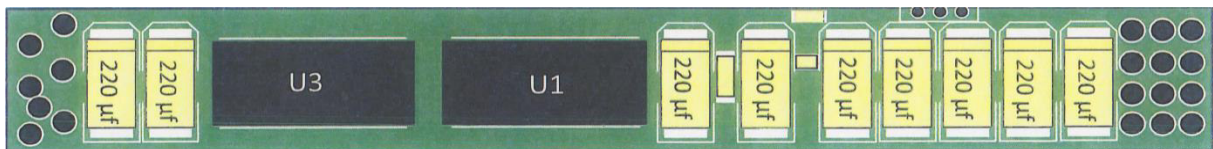
II.2.1. Définition de QUANTUM

Un QUANTUM est une brève période de temps, dans un système multitâche, pendant laquelle une tâche s'exécute sans être interrompue. On trouve aussi time slice (tranche de temps). L'usage parmi certains développeurs semble être de considérer le QUANTUM comme la totalité du temps alloué à une tâche. [12]

La carte électronique numérique QUANTUM est la dernière génération est la meilleure par rapport à sa consommation d'énergie et sa précision. [13]



(a)



(b)

Figure II.2 : Carte électronique QUANTUM. Vue de face (a), vue arrière (b)

Le tableau II.1 montre la description des connexions représentées dans la figure II.2.

Tableau II.1 : Description des connexions représentées dans la Figure II.2.

Wire	Fonction
1	Ground
2	Sortie de Température
3	Power
4	Sortie de Pression
5	Alimentation
6	Masse
7	LED
8	RX
9	Interrupteur de batterie
10	TX
11	Connecteur de programmation JTAG LOGIQUE

U4	Microcontrôleur
U (0, 1, 2, 3)	Carte mémoires

II.2.2. Composition de la carte électronique QUANTUM

Cette carte est composée essentiellement de :

- Microcontrôleur Intel8051.
- Convertisseur analogique numérique.
- Quatre cartes mémoires flashes de type EEPROM non volatiles.

La carte électronique QUANTUM utilise le CAN intégré dans le Microcontrôleur Intel8051.

II.2.2.1 Microcontrôleur Intel8051

Le dispositif C8051F021 est un microcontrôleur à microprocesseur à signaux mixtes entièrement intégré avec 64 broches (pins) d'E/S numériques.

Les caractéristiques spécifiques du microcontrôleur C8051F021 sont représentées dans le tableau II.2.

Tableau II.2 : Guide de sélection de produits

C8051F021	Détails
MIPS (PIC)	25
Mémoire Flash	64K
RAM	4352
Timers (16-bit)	5
Port d'E/S Digital	64
Entrée ADC 12 bits 100ksps	8
Entrée ADC 8 bits 100ksps	8
Résolution du CAD	12
Sorties du CAD	2
Comparateurs analogiques	2
UARTS	2

Les figures II.3 et II.4 montrent le brochage et les dimensions réelles du microcontrôleur C8051F021, le cercle (Désignateur) qui se trouve en haut à gauche pour la figure II.3, et en bas à gauche pour la figure II.4 indique la position correcte qu'il faut respecter pendant le montage. [14]

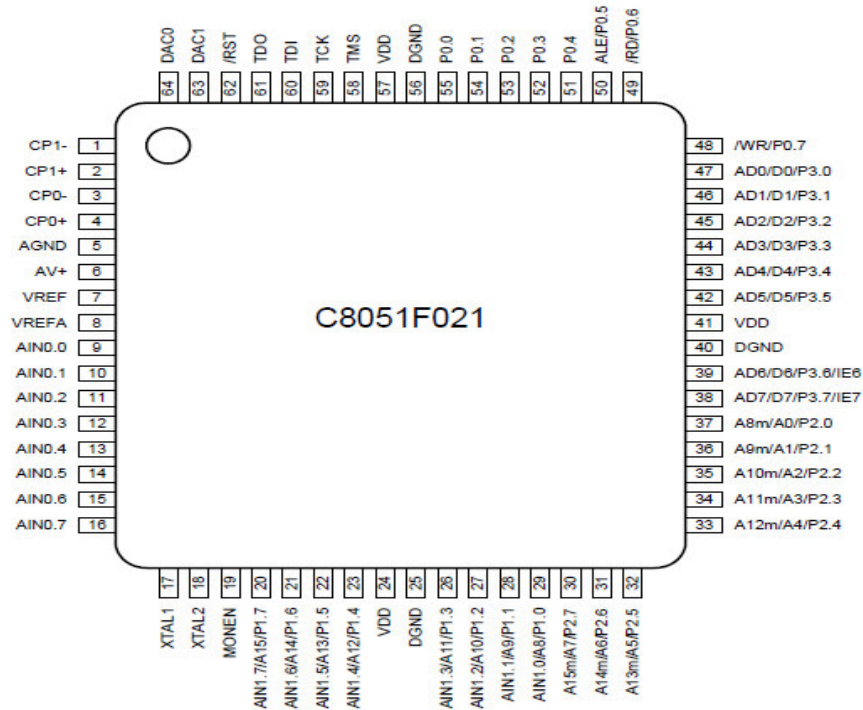


Figure II.3 : Schéma du Brochage

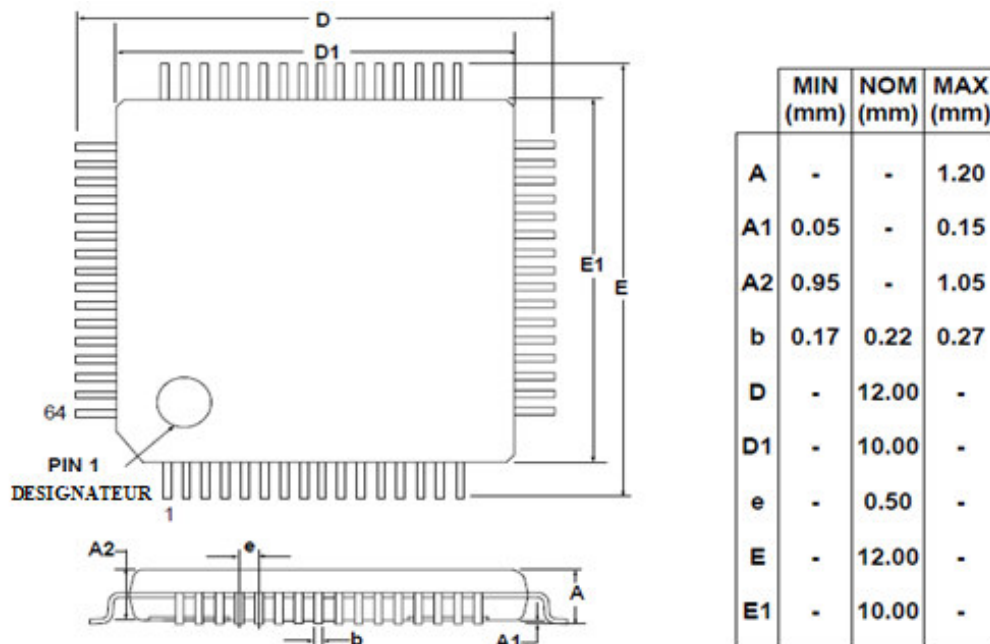


Figure II.4 : Dimensions

La figure II.5 représente l'architecture interne du Microcontrôleur C8051F021.

Dans cette architecture le bus système connecte tous les périphériques de support à la CPU. Le bus système se compose d'un bus de données de 8 bits, d'un bus d'adresses de 16 bits et de signaux de commande de bus. Tous les autres périphériques tels que la mémoire de programme, les ports, la mémoire de données, l'interface série, le contrôle d'interruption, les temporisateurs et le processeur sont tous connectés ensemble via le bus système. [14]

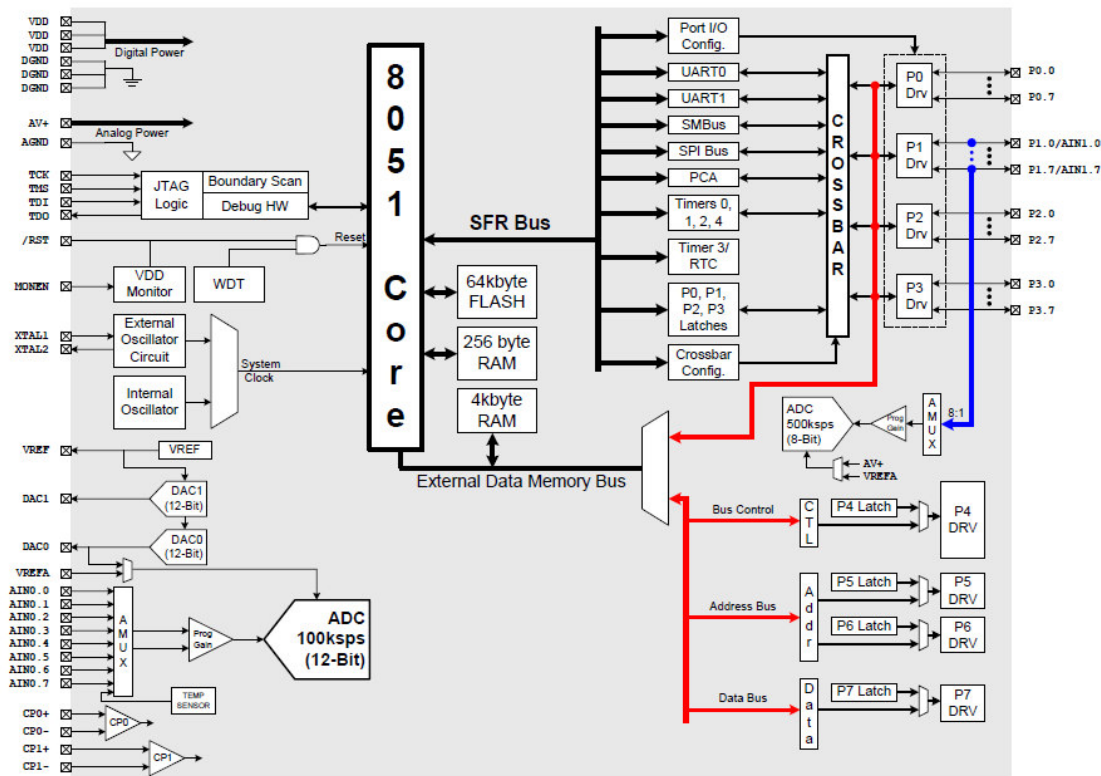


Figure II.5 : Schéma fonctionnel du microcontrôleur C8051F021

II.2.2.1.1. Brochage du microcontrôleur C8051F021 [14]

- TCK : "Test Clock" est le signal d'horloge de débogueur au processeur. Il faut placer un pull-up ou un pull-down résistance (1 k Ω - 47 k Ω) sur cette ligne afin de lui donner un état défini même lorsque la ligne n'est pas pilotée par le débogueur.
- TMS : "Test Mode Select" est le signal de commande pour le contrôleur TAP.
- TDI : "Test Data In" est le signal des données de débogueur au processeur.
- TDO : "Test Data Out" est le signal des données processeur au débogueur.
- MONEN : Moniteur VDD activé. Lorsqu'elle est à l'état haut, cette broche active le moniteur VDD interne, ce qui oblige à réinitialiser le système lorsque le VDD est < 2,7 V. Lorsqu'il est faible, le moniteur VDD interne est désactivé.

- XTAL1 : Entrée de cristal ; Cette broche est le retour pour le circuit oscillateur interne pour un résonateur en cristal ou en céramique. Pour une horloge interne de précision, il faut connecter un résonateur en cristal ou en céramique de XTAL1 à XTAL2. En cas de saturation par une horloge CMOS externe, cela devient l'horloge système.
- XTAL2 : Sortie de cristal. Cette broche est le pilote d'excitation pour un résonateur en cristal ou en céramique.
- DAC0 : Convertisseur numérique-analogique 0 Sortie de tension.
- DAC1 : Convertisseur numérique-analogique 1 Sortie de tension.
- AIN0 : ADC0 Input Channel (Voir la spécification ADC0 pour une description complète).
- CP (0,1) + : Comparateur (0,1) Entrée non inverseurs.
- CP (0,1) - : Comparateur (0,1) Inverser l'entrée.
- P0. (0→4) : Port0 (Voir la section Entrée/Sortie du port pour une description complète).
- ALE/P0.5 : ALE Strobe pour le bus d'adresses de mémoire externe (Mode multiplexé) Port 0.5.
- P0.6 (lire) : RD Strobe pour le port de bus d'adresse mémoire externe Port 0.6.
- P0.7 (Ecrire) : WR Strobe pour le bus d'adresse mémoire externe Port 0.7
- AIN1. (0→7) A8/P1. (0→7) : ADC1 Canal d'entrée 0 Bit 8 Bus d'adresse mémoire externe (mode non multiplexé) Port 1. (0→7).

II.2.2.2. Convertisseur Analogique Numérique

Le convertisseur ADC0 du microcontrôleur C8051F021 est constitué de :

- Multiplexeur analogique configurable à 9 canaux (AMUX0)
- Amplificateur de gain programmable (PGA0)
- ADC de registre à approximations successives de 12 k bits à 100 ksp/s avec piste intégrée, suivre et maintenir
- Détecteur de la fenêtre programmable. (Figure II.7)

II.2.2.2.1. Principe de fonctionnement de l'ADC [14]

ADC0 a une vitesse de conversion maximale de 100 ksp/s.

L'horloge de conversion ADC0 est dérivée de l'horloge système divisée par la valeur contenue dans les bits ADCSC du registre ADC0CF.

a. Commencer une conversion :

Une conversion peut être lancée de l'une des quatre manières suivantes, en fonction des états programmés des bits ADC0. Début du mode de conversion (AD0CM1, AD0CM0) dans ADC0CN. Les conversions peuvent être initiées par :

- Ecrire un '1' au bit AD0BUSY de ADC0CN ;
- Un débordement de temporisateur 3 (c'est-à-dire des conversions continues temporisées).
- Un front montant détecté sur le signal de départ de conversion ADC externe, CNVSTR.
- Un dépassement du temporisateur 2 (c'est-à-dire conversions continues temporisées).

Le bit AD0BUSY est mis à 1 logique pendant la conversion et restauré à 0 logique lorsque la conversion est terminée.

Le front descendant d'AD0BUSY déclenche une interruption (lorsqu'elle est activée) et définit l'indicateur d'interruption AD0INT (ADC0CN.5) (Figure II.6).

Les données converties sont disponibles dans les registres MSB et LSB du mot de données ADC0, ADC0H, ADC0L.

Lors de l'initialisation des conversions en écrivant un '1' sur AD0BUSY, le bit AD0INT doit être interrogé pour déterminer quand une conversion est terminée.

La procédure d'interrogation recommandée et indiquée ci-dessous :

Étape 1 : Écrivez un '0' à AD0INT.

Étape 2 : Écrivez un '1' à AD0BUSY.

Étape 3 : Sondez AD0INT pour '1'.

Étape 4 : Traitez les données ADC0.

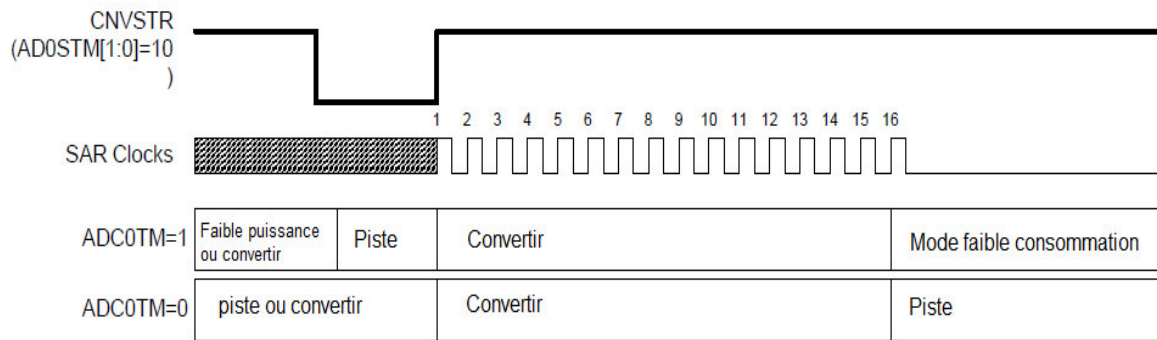


Figure II.7 : ADC Timing pour la source de déclenchement externe

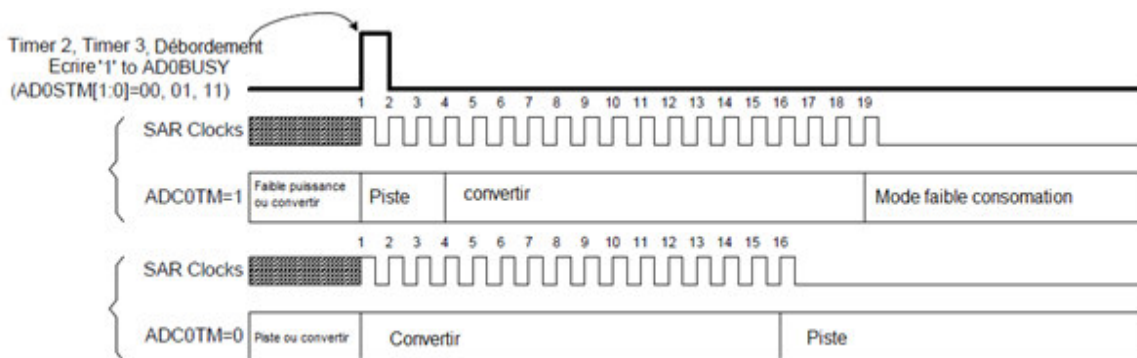


Figure II.8 : Synchronisation ADC pour les sources de déclenchement internes

II.2.2.3. Mémoire Flash

La FLASH EEPROM plus souvent appelée mémoire Flash est un modèle de mémoire effaçable électriquement (Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory).

Les opérations d’effacement et d’écriture sont plus rapides qu’avec les anciennes EEPROM. C’est ce qui justifie l’application « Flash ». Cette mémoire, comme les autres ROM, conserve les données même quand elle n’est plus sous tension. Ce qui en fait le composant mémoire amovible idéal pour les appareils photo numérique, les GSM, les PDA et l’informatique embarquée. [14]

II.2.2.3.1. Stockage de données non volatile

La mémoire FLASH utilisée pour le stockage des données non volatiles. Cela permet de calculer et de stocker des données telles que la température la pression la date et le temps lors de la lecture. Les données sont écrites en utilisant l'instruction d'écriture MOVX et lues en utilisant l'instruction de lecture MOVC.

II.3. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié la carte électronique numérique QUANTUM utilisée dans la jauge de fond (AMERADA). La conversion numérique analogique est assurée par le sous-système ADC0 du microcontrôleur C8051F021.

Ainsi, l'interface de débogage et de programmation JTAG, les caractéristiques du microcontrôleur C8051F021 et l'organisation de la mémoire.

Le programme injecté dans le microcontrôleur par le constructeur est ajustable pour permettre à l'utilisateur de modifier les paramètres sans l'interface du logiciel selon ces besoins. Ainsi que pour suivre les changements qui se produisent dans le capteur (déformation du capteur ou détérioration de son état...etc.) et ça nécessite une calibration (changement des paramètres).

Chapitre III

Maintenance et calibration

Maintenance et Calibration

III.1. Introduction

La maintenance s'exerce sur des équipements industriels de production placés dans le contexte économique de l'Entreprise.

Chaque équipement plus ou moins complexe, constitue un système technique, conçu pour mettre en œuvre un procédé est destiné à réaliser, partiellement ou totalement, un produit ou un service.

La maintenance a pour mission de veiller sur les systèmes techniques que sont les systèmes de production pour :

- Préserver leur bon état de fonctionnement en évitant l'apparition de défaillance (maintenance préventive).
- Rétablir leur bon état de fonctionnement quand il est dégradé par l'apparition de défaillance (maintenance corrective).
- Optimiser leurs conditions d'exploitation (maintenance améliorative).

Dans tous les cas, il est indispensable de bien connaître l'équipement pour savoir sur quoi, où, quand, comment intervenir, afin de remédier aux défaillances, de les prévenir et surtout d'éviter d'engendrer la moindre gêne à la production.

III.2. Maintenance au service BHP

Il existe deux catégories de maintenance au service BHP :

- Maintenance soft : la Calibration
- Maintenance hard : en cas de détection d'une panne, on fait appel à une procédure de maintenance qui consiste à la :
 - Vérification du nombre de flashes (4 Strain, 5 Quartz) et de la soudure.
 - Mesure du voltage d'entrée/sortie du capteur et de la carte électronique.
 - Visualisation à l'aide de l'oscilloscope les fréquences de sortie du capteur à Quartz.

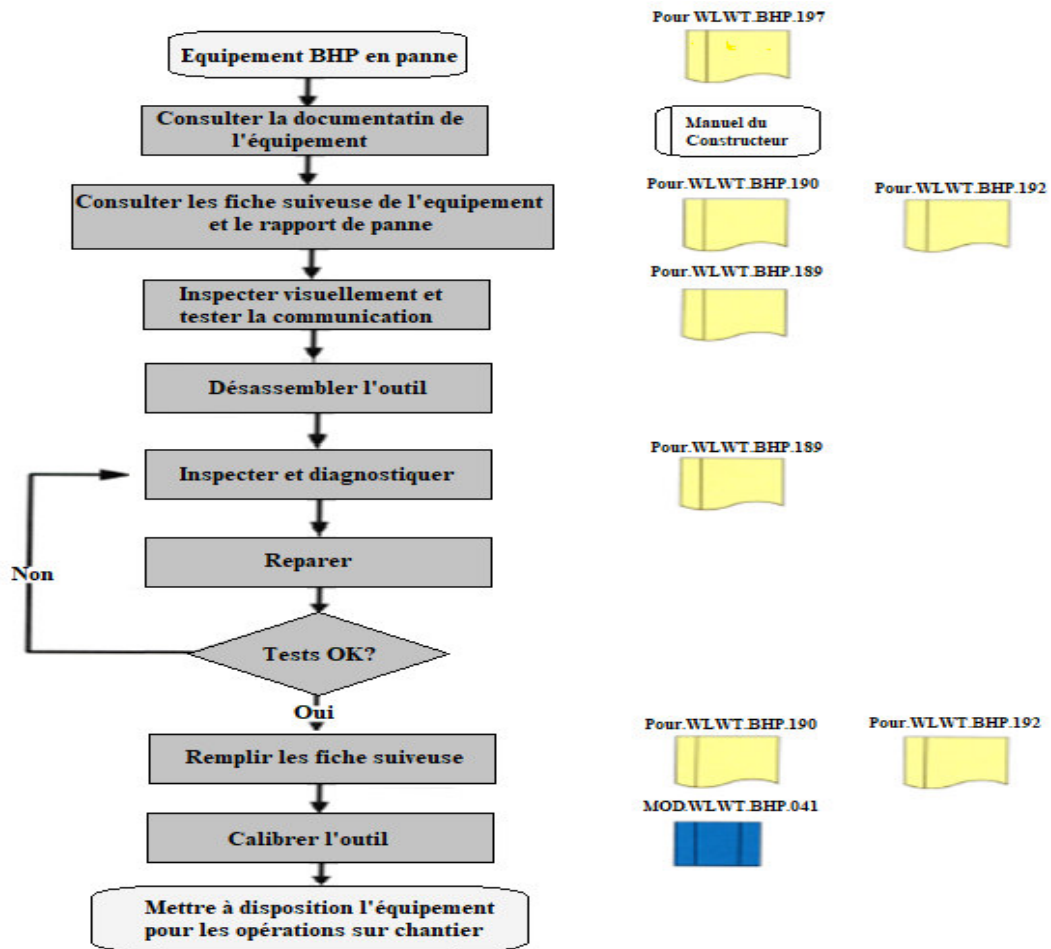


Figure III.1 Logigramme de la procédure de maintenance [16]

III.3. Pannes survenant dans l'AMERADA

La jauge de fond AMERADA a une partie mécanique moins compliquée que la partie électronique. Les pannes mécaniques sont presque rares. Les interventions des maintenanciers sont appliquées sur la partie électronique :

- Changement et Calibrations de la carte électronique (transducteur, les cartes mémoires, capteurs).
- Changement et dépassivations de la batterie en Lithium.

III.3.1. Changement du connecteur batterie

- Fixer le connecteur dans l'étau pour la sécurité et pour la précision pendant l'opération.
- Ramener un autre connecteur
- Remplacer
- Souder les fils de la carte au connecteur

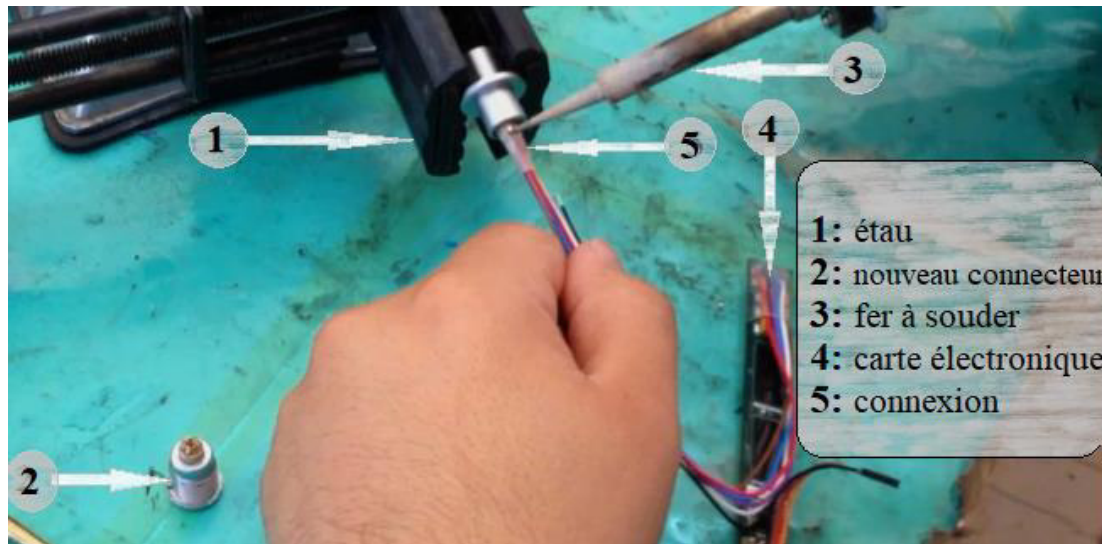


Figure III.2 : Dessoudage et soudage du connecteur de batterie

III.3.2. Changement des cartes mémoires défectueuses

Les quatre (4) cartes mémoires défectueuses qui se trouvent au niveau de la carte électronique se font changer dans le laboratoire du service BHP par les techniciens.

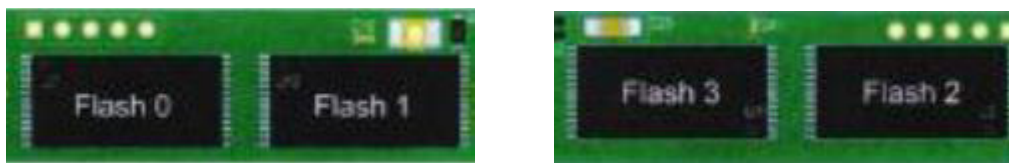


Figure III.3 : Cartes mémoires [13]

III.3.3. Changement de capteur

Le capteur utilisé dans la jauge de fond est très sensible à tous les types de vibrations et aux chocs. Le service procède au changement au cas où le capteur ne fonctionne pas. Dans le cas où la lecture de la température et de la pression n'est pas précise, le service BHP effectue la Calibration (Étalonnage) de la jauge.

III.4. Calibration de la jauge électronique de fond**III.4.1. Calibration**

La Calibration est une opération essentielle pour le bon fonctionnement d'un instrument de mesure. La Calibration des jauges de fond se fait après une réparation (changement des pièces de la carte électronique ou réparation de capteur), à cause d'une anomalie de mesure (décalage des valeurs mesurées par rapport aux valeurs réelles), et dans le cas de changement de capteur ou de la carte électronique de la jauge. Cette opération permet de calculer les coefficients des jauges dans le but d'assurer des mesures précises. Pour atteindre une grande précision dans les capteurs, l'étalonnage est un élément essentiel. L'étalonnage d'un capteur peut rester valable pendant des années, ce qui permet à la jauge de passer moins de temps en maintenance et plus de temps d'offrir des valeurs dans le domaine. La raison principale pour l'étalonnage, est que même les meilleurs instruments dérivent et perdent leur capacité à donner des mesures précises. Cette dérive fait de la Calibration un moyen d'entretien nécessaire.

III.4.2. Qu'est-ce qu'une Calibration ?

Action permettant d'indiquer :

- Les écarts par rapport aux valeurs nominales de l'étalon
- Les incertitudes de mesure correspondantes

$$\text{Valeur vraie} = \text{valeur mesurée} - \text{écart.} \quad (\text{III.1})$$

III.4.3. Matériel de Calibration**III.4.3.1. Bain de Calibration à huile (Calibration Oil Bath)**

Le bain se compose d'un bassin cylindrique vertical remplie d'huile, une pompe avec son moteur, un ou plusieurs chauffe-eaux ainsi que des indicateurs et des contrôleurs. Tous les contrôleurs sont montés sur un panneau. Le chauffe-eau, la pompe et le moteur sont placés au sol. Pour calibrer, les jauges sont injectées dans le bain où la température d'huile est contrôlée. Il est équipé d'un manifold qui supporte quatre jauges. La pompe centrifuge a pour rôle de faire circuler le fluide caloporteur (l'huile) à travers la chambre de chauffage.

La pompe de circulation et le chauffage sont reliés électriquement de sorte que le bain ne fonctionne pas sans circulation d'huile.



Figure III.4 : Bain de Calibration (MANIFOLD)

III.4.3.2. Balance à point mort (Dead Wight-tester)

Elle sert à régler la pression agissant sur le capteur de la jauge.

Cette balance est un appareil de Calibration de pression très stable et très précise. Elle est très utilisée dans le domaine industriel, les universités et instituts de recherche pour l'étalonnage des appareils de mesure de pression comme les transmetteurs de pression, les manomètres et hydrostatique des pipelines. Le modèle utilisé dans le labo BHP possède des disques en métal de poids très précis qui permettent d'obtenir les grandes précisions sur les valeurs de pression injectées aux capteurs de jauges. [15]

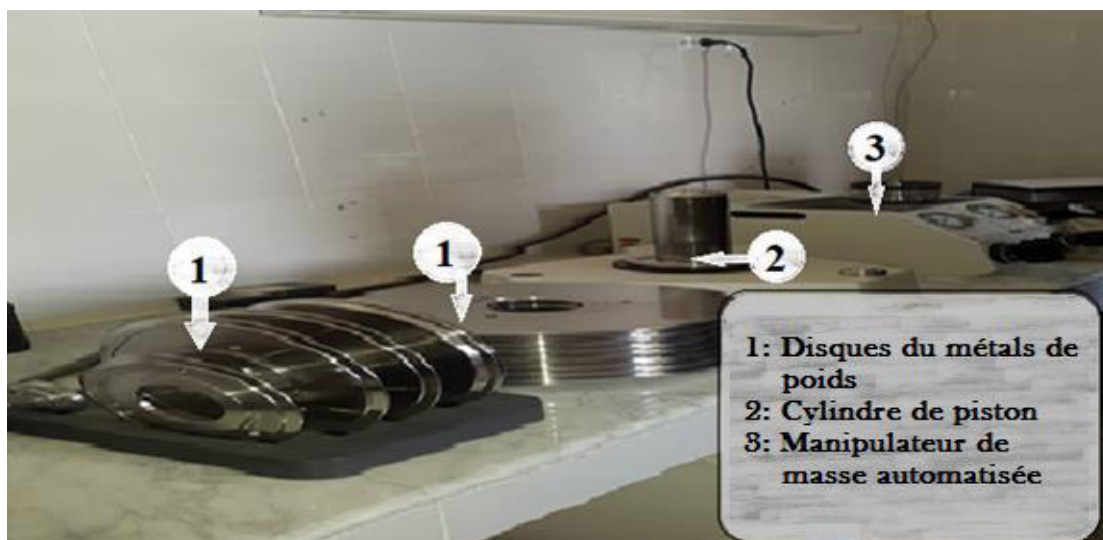


Figure III.5 : Balance de Calibration et ses équipements

III.4.3.3. RPM (Reference Pressure Monitor)

C'est un indicateur de pression pour mesurer la pression à la sortie de la balance (la pression injectée au capteur de la jauge). Il est programmé pour effectuer trente 30 mesures successives durant 30 secondes et calculer la valeur moyenne correspondante ainsi que l'écart type et les afficher sur l'écran (Figure III.6). [17]

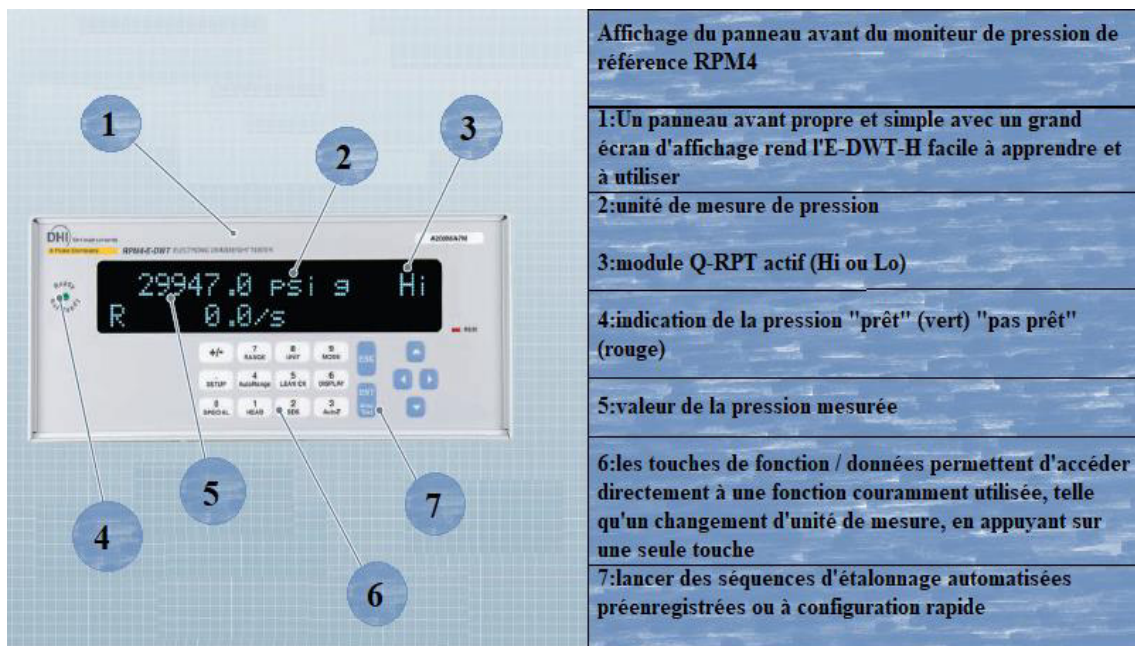


Figure III.6 : Affichage du panneau (RPM4)

III.4.3.4. Communication entre jauges et PC

Les jauges communiquent avec un PC qui contient le logiciel du constructeur ainsi que les différents fichiers nécessaires pour la Calibration.

III.4.4. Etapes de Calibration

La préparation des jauges à calibrer, la réparation et la maintenance ont été abordées dans la section III.2. Procédure de maintenance.

Les étapes de la Calibration sont données comme suit :

- ❖ Le montage des jauges sur le MANIFOLD (voir Figure III.4).
- ❖ La purge du circuit d'huile venant de la balance pour éliminer les bulles d'air qui causent l'instabilité lors de la mesure de la pression.
- ❖ La vérification des communications des jauges avec le logiciel et ouvrir à chaque jauge une fenêtre de logiciel.

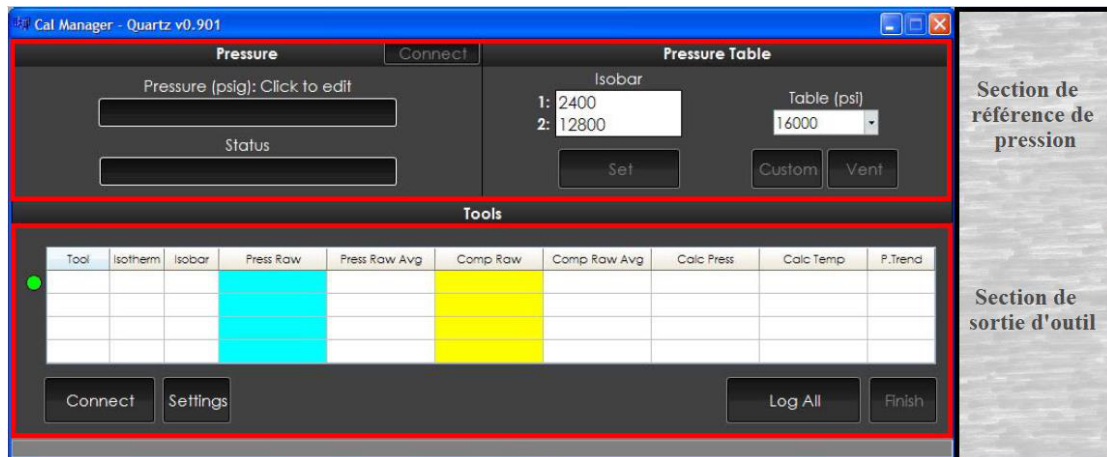


Figure III.7 : Vue d'ensemble du logiciel de Calibration [18]

- ❖ Faire un test de fuite de circuit d'huile avant d'injecter les jauges dans le bain.
- ❖ Faire descendre les jauges dans le bain contenant l'huile.
- ❖ Agir sur les contrôleurs de bain pour fixer la valeur de température d'huile (la température qui sera captée par le capteur de température de la jauge).
- ❖ Attendre jusqu'à ce que la température soit stable.
- ❖ Le réglage de la pression se fait à l'aide de la balance au point mort en plaçant les poids représentant la pression qu'on veut obtenir et attendre jusqu'à ce que la pression soit stable.
- ❖ Faire flotter les masses (Kg) dans la colonne de gauche et taper les pressions correspondantes (en Psig) dans la colonne de droite. Des pressions correspondantes peuvent être acquises en lisant la sortie d'une référence étalonnée. (Voir Figure III.8)

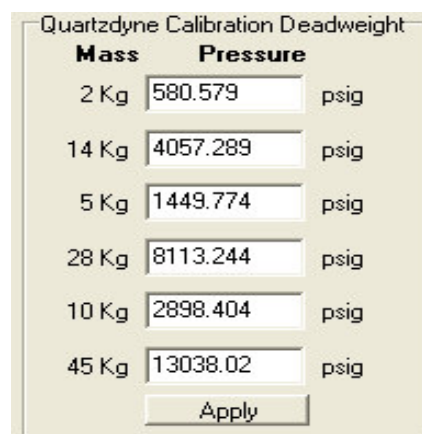


Figure III.8 : Fenêtre de réglage (poids représentant la pression)

- ❖ Une fois que toutes les pressions soient introduites, cliquez sur Appliquer pour enregistrer les valeurs de Calibration et fermer le programme.
 - ❖ Régler le seuil de précision de température et de pression dans la page du logiciel correspondant à chaque jauge.
 - ❖ Il faut que les fichiers DST, CFF et CFT correspondants à chaque jauge soient présents dans le dossier désigné par le logiciel. (Voir Figure III.9)
- DST :(contient les informations sur la dernière Calibration, les éléments de la matrice de Calibration, les coefficients de température et de pression). [18]

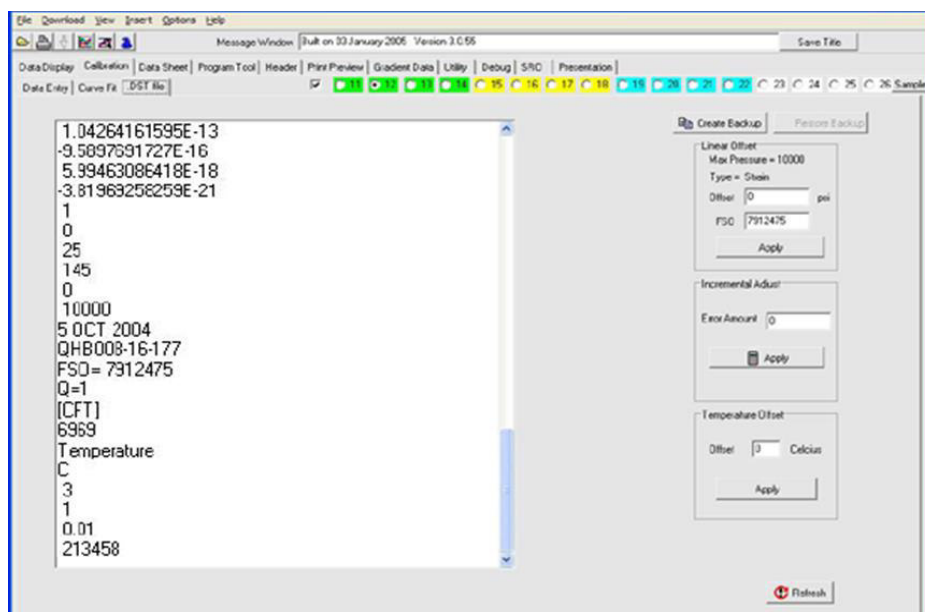


Figure III.9 : Écran d'ajustement DST

- ❖ Fichiers de coefficients d'étalonnage :

Chaque transducteur est fourni avec plusieurs ensembles de coefficients, comme indiqué ci-dessous. Ceux-ci sont utilisés pour calculer la pression et la température à partir des fréquences mesurées. Chaque type de coefficient est applicable à un type de compteur de fréquence spécifique. Il est important que les coefficients corrects soient utilisés.

- CFF Coefficients de pression standard
- CFT Coefficients de température standard
- CRF Coefficients de pression basée sur la référence
- CRT Coefficients de température basée sur la référence
- HEX Coefficients numériques Intel-Hex à utiliser avec QCOM

- ❖ On écrit la valeur de pression correspondante au poids utilisé dans la balance au point mort indiqué par le RPM dans la case représentant la masse utilisée dans le logiciel pour chaque jauge. (Voir Figure III.6)
- ❖ Une fois que le feu vert de Calibration est donné par le logiciel, le seuil de précision de la température et de la pression est vérifié, puis cliquer sur calibrer.
- ❖ On enlève le poids et on le remplace par un autre pour pouvoir fixer une autre référence en faisant les mêmes étapes.
- ❖ A chaque fois qu'une référence, température ou pression est fixée, les éléments de la matrice de Calibration représentant cette référence seront modifiés dans le fichier DST de la jauge.
- ❖ Une fois que toutes les références soient fixées, Calibration terminée, le logiciel calcule les nouveaux coefficients de température et de pression pour les sauvegarder en modifiant les anciens fichiers CFT et CFF. Cette opération permet de sauvegarder toutes les informations de la nouvelle Calibration dans le fichier DST. (Voir sections III.4.5.2)
- ❖ Une fois que ce travail est fait, on refroidit les jauges, en diminuant la température de bain d'huile, pour injecter le fichier DST à la jauge avec le logiciel. (Voir III.2.6.)
- ❖ Une fois qu'on a fini la Calibration et qu'on a injecté le fichier DST dans la jauge à l'aide du logiciel, on va tester le fonctionnement des jauges et pour cela on utilise deux isothermes (65°C et 120°C). Pour chaque isotherme, on vérifie sept (7) paliers de pression (500psi, 1500psi, 3000psi, 5000psi, 7000psi et 9000psi).

Le test de fonctionnement est le même pour les jauges à QUARTZ et STRAIN.

III.4.5. Etalonnage du transducteur

La figure III.10, montre les performances typiques des transducteurs de pression. L'erreur résiduelle des températures est inférieure à 0,01% de la pleine échelle (FS). Cela inclut toutes les erreurs dans la correction de linéarité, de répétabilité, d'hystérésis et de température. L'erreur résiduelle compare le transducteur à la norme d'étalonnage. L'erreur de la norme doit être ajoutée à l'erreur résiduelle montrée. La norme d'étalonnage de Quartz-dyne est un testeur de poids mort qui est précise à $\pm 0,01\%$ de la lecture.

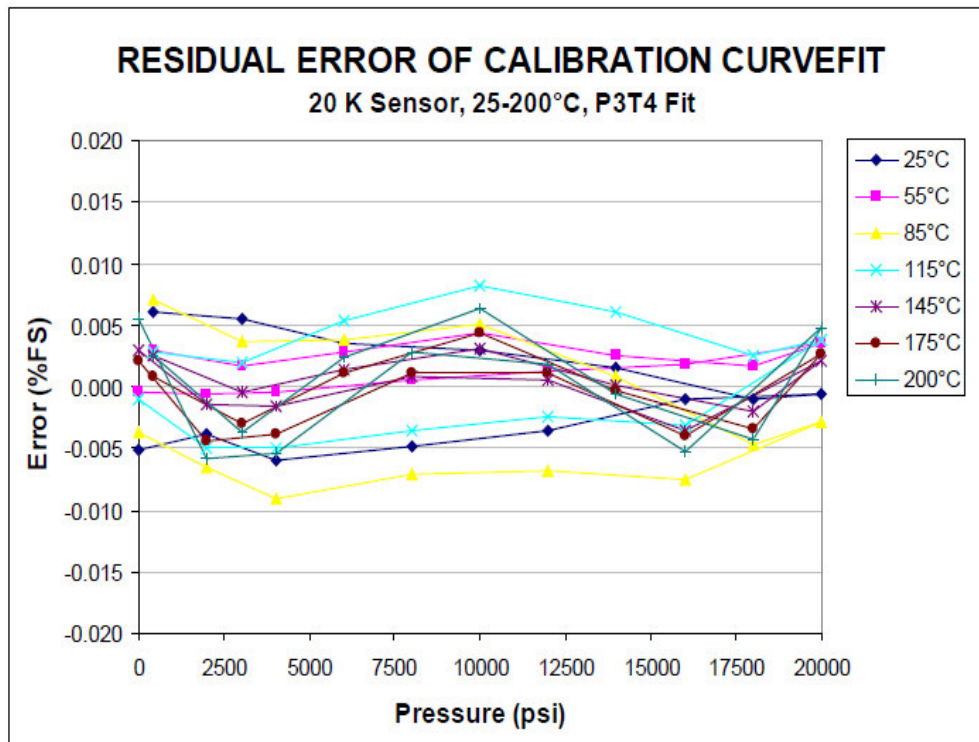


Figure III.10 : Courbe d'étalonnage typique des transducteurs de pression.

III.4.5.1. Valeurs typiques des corrections utilisées dans l'étalonnage

L'obtention de la spécification de précision de lecture de 0,01% dans les normes d'étalonnage de pression exige que toutes les sources potentielles d'erreur d'étalonnage soient identifiées. La pression générée par les normes de pression fondamentale (poids mort) comprend des corrections de la gravité locale, de la flottabilité de l'air et des effets de pression et de température sur la section transversale des pistons. Avec ces corrections, la pression générée par les étalons de pression est précise à 0,01% de la lecture. Les valeurs typiques utilisées dans l'étalonnage sont des valeurs «non standard»

P. atm = 12,6 psi [869 mbar] (mesuré en continu pendant l'étalonnage).

P. Head = 0,033 psi /in [0,897 mbar / cm]

Gravité locale = 9.797930 m/s² (interpolée à partir des données du national Geodetic Survey).

Densité de l'air = 1,015 g/cm³ (la correction de la flottabilité est inférieure de 23 ppm à la norme).

Effet de pression du piston = 60 ppm à 10 000 psi [689 bar].

Effet de la température du piston <50 ppm typique.

III.4.5.2. Calculs à l'aide de coefficients standard ou de référence

Mettre à l'échelle les fréquences en fonction de l'algorithme prédéfini spécifié dans le fichier de coefficients. Tous les coefficients standards et de référence utilisent actuellement le type de Prescale 1 pour PP et TP qui a la formule suivante :

$$XP = MP (FP - FPO) \quad (III.2)$$

$$XT = MT (FT - FT0), \quad (III.3)$$

Où FP et FT sont les fréquences de pression et de température mesurées, respectivement.

La sortie est calculée à partir des coefficients et des deux valeurs pré-échelonnées, XP et XT, en utilisant l'équation suivante :

$$\text{Sortie} = A + XP (B + XP (C + XP (D + (E)))) \quad (III.4)$$

Où les coefficients A, B, C, D et E sont calculés comme suit:

$$A = A0 + XT (A1 + XT (A2 + XT (A3 + XT (A4)))) \quad (III.5)$$

$$B = B0 + XT (B1 + XT (B2 + XT (B3 + XT (B4)))) \quad (III.6)$$

$$C = C0 + XT (C1 + XT (C2 + XT (C3 + XT (C4)))) \quad (III.7)$$

$$D = D0 + XT (D1 + XT (D2 + XT (D3 + XT (D4)))) \quad (III.8)$$

$$E = E0 + XT (E1 + XT (E2 + XT (E3 + XT (E4)))) \quad (III.9)$$

L'expression ci-dessus suppose que la valeur quatre (4) est à la fois pour NP et NT. Dans un cas typique de NP = 3 et NT = 3, les termes A4, B4, C4, D4, E et E0 à E4 ne seraient pas applicables et supposés être zéro. Une forme alternative de la même équation utilisant la notation indexée pour les coefficients est montrée ci-dessous.

$$\text{Sortie} = \sum_{i=0}^{Np} \sum_{j=0}^{Nt} Cij (MP(FP - FPO))^i (MP(FT - FT0))^j \quad (III.10)$$

Les capteurs de pression calibrés par Quartz-dyne sont normalement étalonnés en pression absolue en psi et en température en ° C. La conversion d'unité peut être accomplie en utilisant les valeurs SPAN et ZERO appropriées. Lorsqu'on effectue des modifications sur SPAN et ZERO, il faut modifier la ligne 3 ("Unités de calibrage") de manière appropriée. L'équation permet d'introduire le zéro dans les unités désirées :

$$\text{Sortie}(\text{desiredunits}) = \text{SPAN} \times \text{Output}(\text{baseunits}) + \text{ZERO}(\text{desiredunits}) \quad (III.11)$$

$$\text{Pression (bar)} = 0.0689476 \times \text{Pressure (psia)} + 0 \quad (III.12)$$

$$\text{Température (°F)} = 1.8 \times \text{Temperature (°C)} + 32 \text{°F} \quad (III.13)$$

III.4.6. Présentation du logiciel de Calibration

La figure III.11 montre les différentes zones d'interface de Calibration :

- 1- Cette zone montre toutes les températures et les pressions brutes et calibrées en temps réel tandis que le calibre échantillonne avec diverses statistiques.
 - 2- Cette zone est utilisée pour modifier l'ordre d'ajustement de la courbe.
 - 3- Seuple: Ce bouton est utilisé pour démarrer l'échantillonnage.
 - 4- Zone d'étalonnage: C'est la zone principale utilisée pour calibrer les jauges.
 - 5- Cette zone montre quelles isothermes ont été étalonnées et leurs températures.
 - 6- Statut du fichier DST: Affiche l'état des fichiers d'étalonnage dans l'outil, le programme et le disque dur.
 - 7- Zone d'étalonnage de quartz: C'est la zone principale utilisée pour calibrer les jauges à quartz.
 - 8- Faire l'étalonnage : Ce bouton est utilisé pour générer le fichier d'étalonnage une fois l'étalonnage terminé.
- Insérer un fichier Cal dans l'outil : Ce bouton est utilisé pour insérer le fichier d'étalonnage complété et (si nécessaire) ajusté dans la gouge.

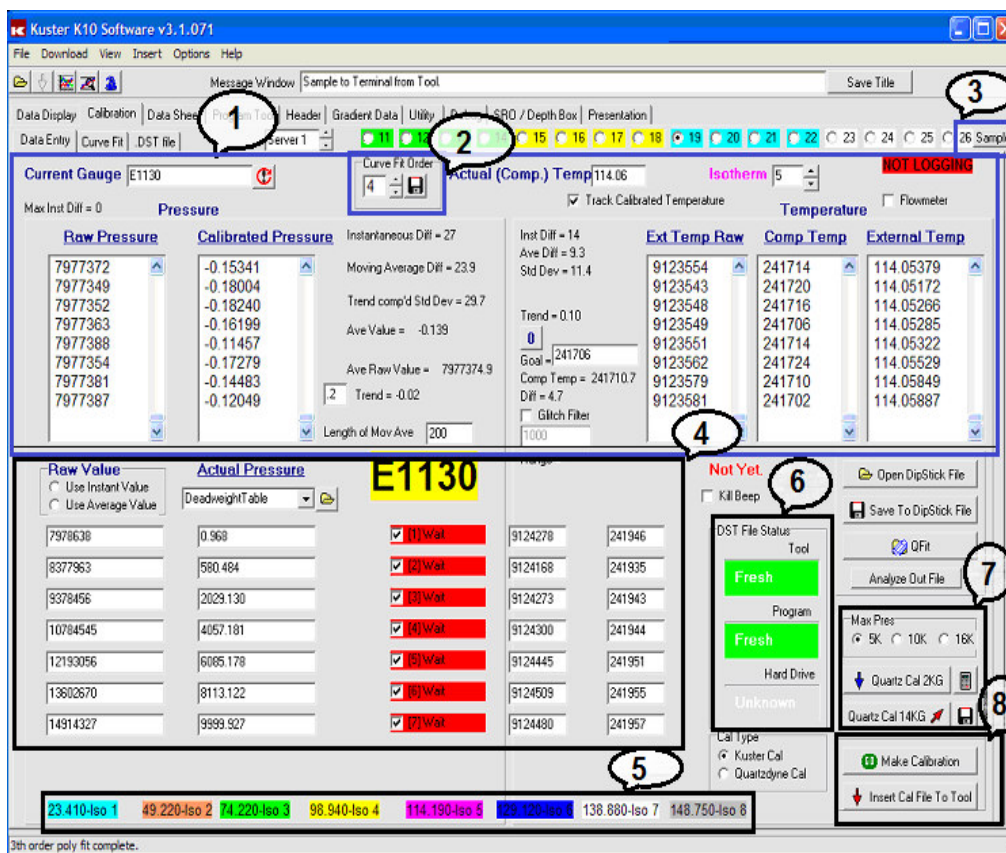


Figure III.11 : Ecran de saisie des données de Calibration [17]

III.4.7. Logiciel d'analyse d'étalonnage

Après quatre (4) isothermes ou plus, on peut vérifier l'état du calibrage et voir jusqu'à quel point il est précis en utilisant le logiciel d'analyse de calibrage. Le graphique montre la quantité maximale d'erreurs à chaque isotherme complété. En cas d'un grand nombre d'erreurs, on peut enlever un isotherme en cliquant sur supprimer la température et voir si c'est la température qui cause l'erreur. Si cela n'a aucun effet, on peut rouvrir le fichier original pour recharger le fichier de Calibration, puis un autre Isotherme peut être retiré. Si on constate qu'un certain isotherme cause un problème, alors il se peut que l'Isotherme rejette l'étalonnage et doit être refait. Les pressions individuelles peuvent également être retirées en cliquant sur Supprimer la pression pour voir comment elles affectent l'étalonnage.

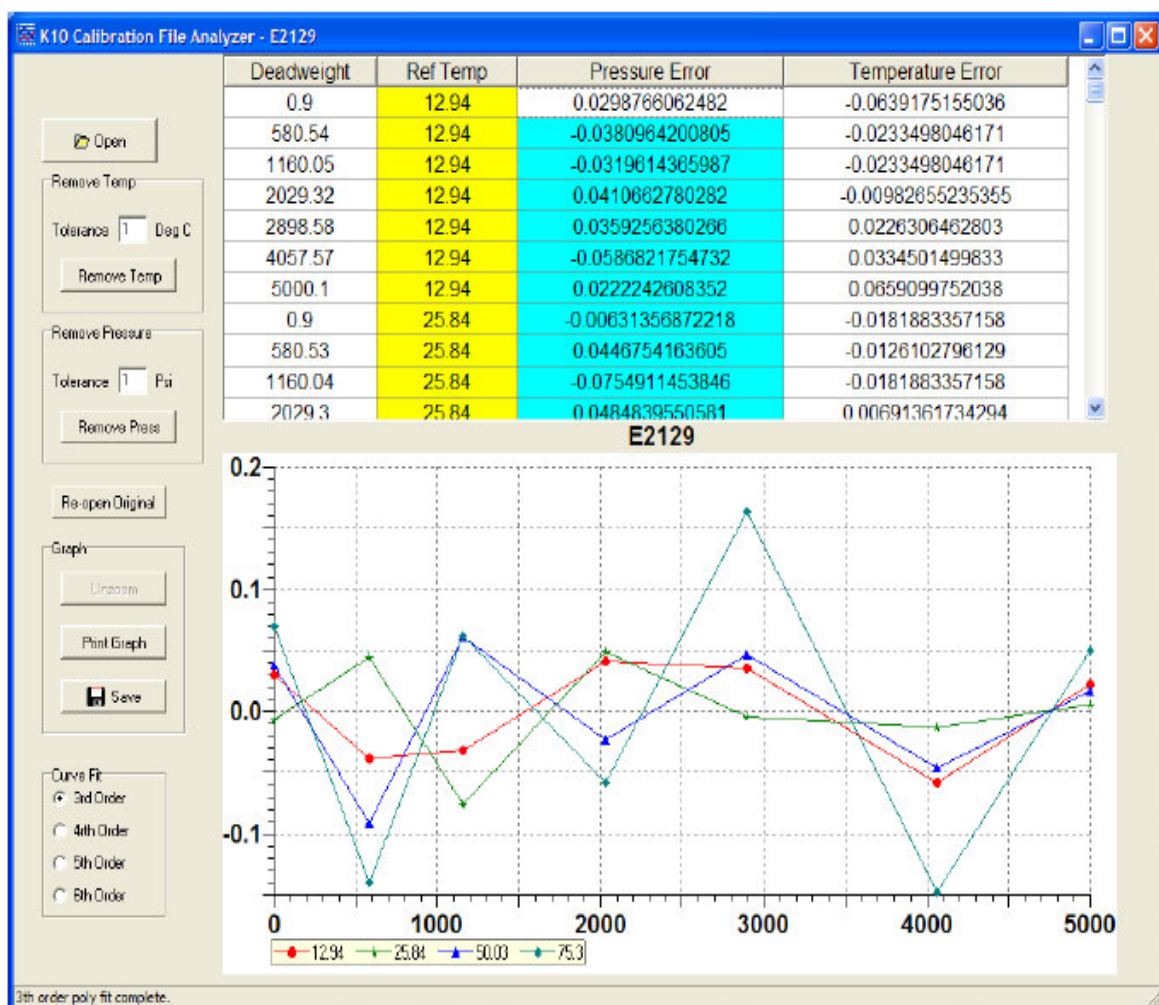


Figure III.12 : Ecran d'analyse de Calibrage [17]

III.5. Conclusion

Pour le service de maintenance, l'intervention se fait seulement sur la partie mécanique des différents types de jauges à QUARTZ et à Contrainte. On procède au changement et remplacement des Oring, Buffers, batteries, connecteurs qui sont hors service. L'entretien s'effectue aussi par les opérations de réparations, soudage et dessoudage des pièces des jauges électroniques ainsi que le soufflage et nettoyage des composants des cartes électroniques.

La Calibration des jauges électroniques de pression et de température se fait à l'aide d'un testeur de poids mort et différents matériels (bain, balance). Dans notre travail, nous avons calibré les jauges électroniques à base d'une carte à QUARTZ « QUANTUM » et définir leurs coefficients de Calibration. Dans le cas général, la Calibration s'effectue en raison du mauvais fonctionnement des capteurs. Le capteur donne des résultats erronés à cause de la haute température, la haute pression et sa longue durée dans le puits de pétrole. Sur la base des résultats expérimentaux obtenus, une variation de la lecture calibrée a été comparée aux valeurs théoriques. Par conséquent, il a été observé que le manomètre de la pression descendante n'était pas approprié pour les niveaux de pression très bas.

Chapitre IV

Simulation de la carte électronique

Simulation de la carte électronique

IV.1. Introduction

Les capteurs numériques avec fichier journal d'enregistrement automatique dans Excel par microcontrôleur Pic est un projet très avancé, utile et réaliste. La mise en œuvre déposée de ce projet est large. Maintenant, la prédiction atmosphérique d'une journée sauve beaucoup de vie. Pour obtenir une bonne prédiction, nous devons analyser beaucoup de données enregistrées. En utilisant ce projet, il peut facilement être utile pour ces applications.

Le but de notre travail est de faire une simulation de la carte électronique (QUANTUM) avec fonctionnement et enregistrement des données, ainsi que la comparaison des résultats obtenus durant notre stage.

IV.2. Description du projet

Dans ce projet nous avons utilisé le LM35 comme un capteur de température, le MPXA6115A6U comme un capteur de pression, le PIC16f877A, un afficheur LCD et l'interface DS1307 pour obtenir l'heure et le calendrier en mode temps réel, ainsi que la connexion RS232.

Le microcontrôleur peut seulement traiter des valeurs numériques, donc nous convertissons les valeurs analogiques qui sont envoyées par le LM35 et le MPXA6115A6U, en utilisant l'unité ADC intégrée dans le PIC16f877A. Après conversion des valeurs de température et de pression de référence, nous avons converti ces valeurs de références en échelle centigrade et pascal (équations IV.1 et IV.2).

Ensuite un fichier journal est créé dans le logiciel Excel et enregistré sur PC. En utilisant le programme Windows HyperTerminal, nous pouvons recevoir des données via le port (communication série) et capturer les données au format CSV. (Figure IV.1).

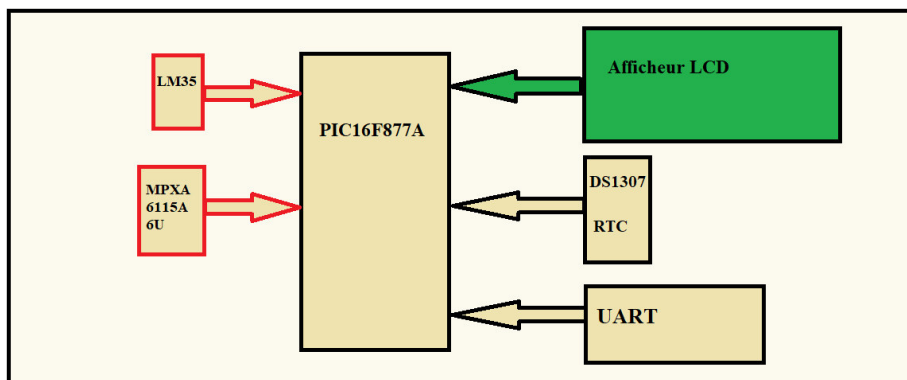


Figure IV.1 : Schéma descriptif du projet

$$\text{Temp} = \text{Temp}_{\text{ref}} * 0.48 \quad (\text{IV.1})$$

$$\text{Press} = \text{Press}_{\text{ref}} * 0.12 \quad (\text{IV.2})$$

IV.3. Enregistrement des données sous format Excel

Comme nous savons que l'extension <<.csv>> (comma separated values) signifie valeurs séparées par des virgules et c'est une des extensions des fichiers Excel, nous devons envoyer toutes les données séparées par une virgule. Pour créer ce format en conséquence nous devons envoyer des données suivies par des virgules et d'autres clés. Dans notre projet, nous enregistrons les données à quatre colonnes pour la température, la pression, l'heure et la date (Figure IV.2). Pour cela on utilise le code donné ci-dessous :

```

UART1_Write_text (tem);    // envoi des données (température) via UART
UART1_Write (0x2c);       // virgule
UART1_Write (0x09);       // Onglet (Tab)
UART1_Write_text (press); // envoi des données (pression) via UART
UART1_Write (0x2c);       // virgule
UART1_Write (0x09);       // Onglet (Tab)
UART1_Write_text (heure); // envoi des données (heure) via UART
UART1_Write (0x2c);       // virgule
UART1_Write (0x09);       // Onglet (Tab)
UART1_Write_text (date);  // Envoi des données (Date) via UART
UART1_Write (0x2c);       // virgule
UART1_Write (0x0D);       // Entrer

```

	A	B	C	D	E
1	Température	Pression	heure	Date	
2	15	100	23:10:07	18/06/2018	
3	15	100	23:11:07	18/06/2018	
4	15	100	23:12:07	18/06/2018	
5	16	100	23:13:07	18/06/2018	
6	17	100	23:14:07	18/06/2018	
7	18	101	23:15:07	18/06/2018	
8	18	101	23:16:07	18/06/2018	

Figure IV.2 : Fichier Excel des données enregistrés

IV.4. Étapes de montage et de configuration des composants du circuit

Avant de commencer le montage il faut choisir les composants. Le choix est effectué en suivant ces étapes figure IV.3 :

- 1- Appuyer sure (P).
- 2- Dans la fenêtre qui se présente taper le nom du composant dans la zone (keywords).
- 3- Appuyer sur OK.

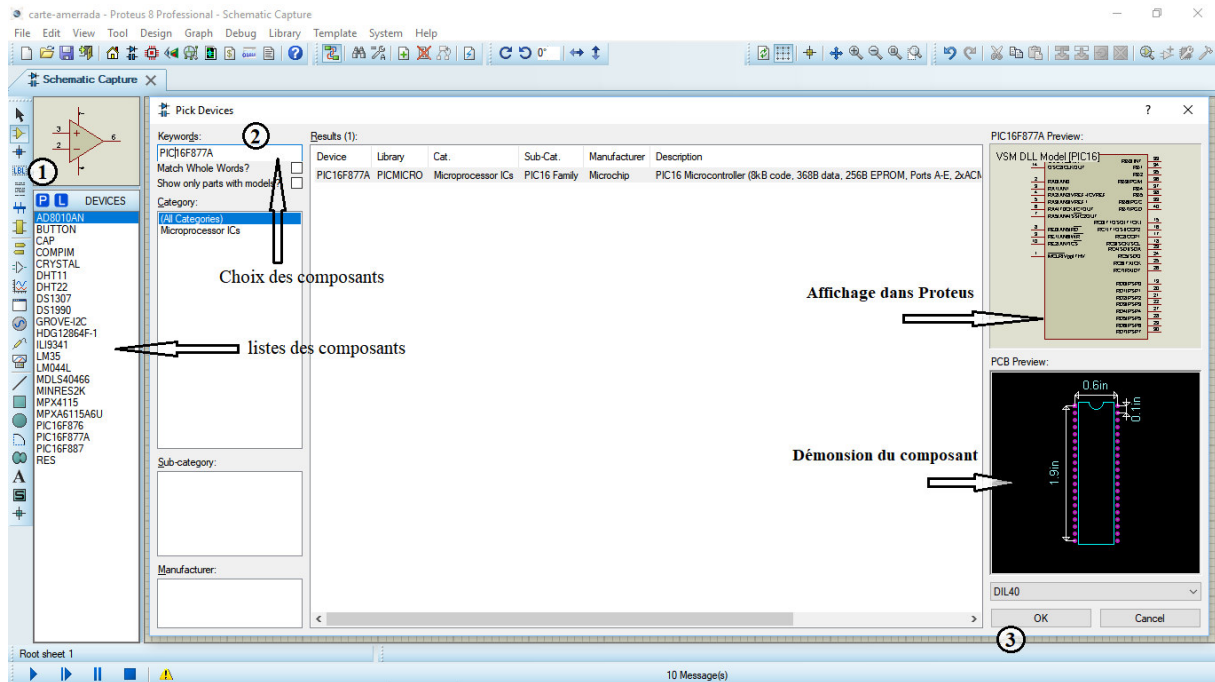


Figure IV.3 : Choix d'un composant

IV.5. Configuration

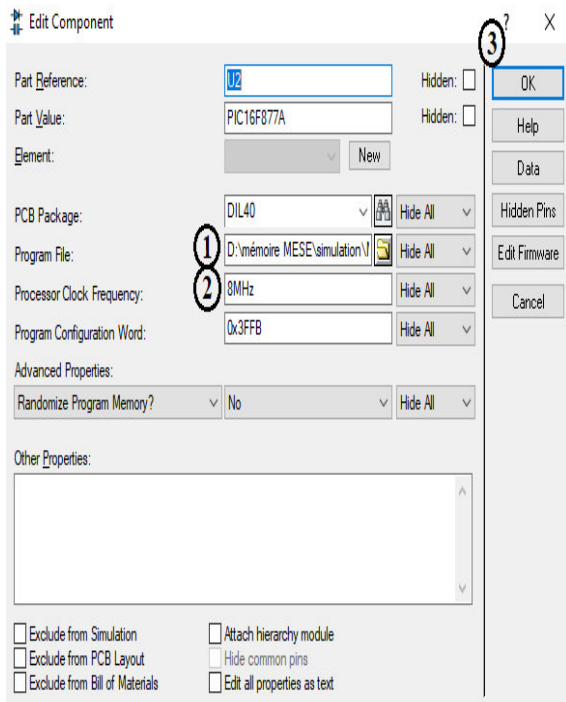
Les configurations des composants utilisés dans les cartes électroniques sont données ci-après :

A. Configuration pour le microcontrôleur se fait comme suit (figure IV.4 (a)) :

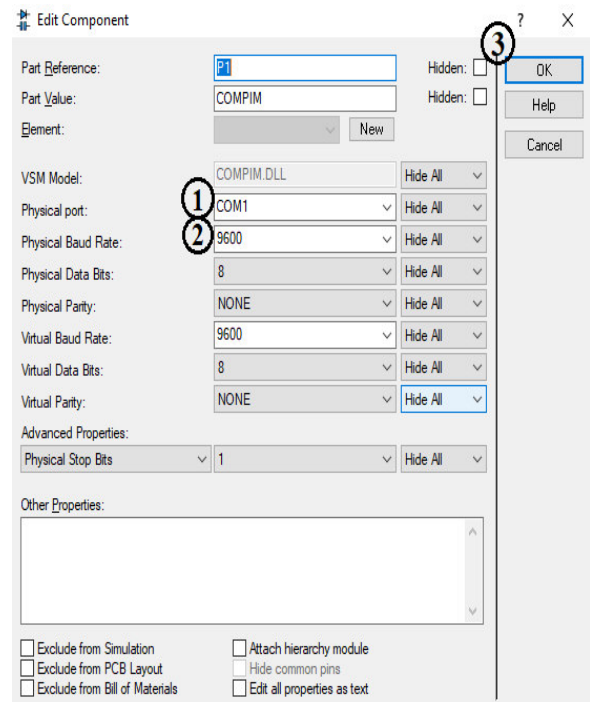
- 1- Chargement du fichier HEX du programme
- 2- Choix de la fréquence d'Horloge
- 3- Appuyer sur OK pour confirmer.

B. Configuration du port RS-232 se fait comme suit (figure IV.4 (b))

- 1- Choix du port physique de communication, (COM1)
- 2- Choix de débit physique en bauds (rapidité de transmission. rapidité de modulation) à 9600
- 3- Appuyer sur OK.



(a)



(b)

Figure IV.4 : Étapes de configuration. Microcontrôleur (a), port RS-232 (b)

C. Configuration d'HyperTerminal (figure IV.5)

- 1- Créer une nouvelle connexion
- 2- Donner un nom à cette connexion (Temp)
- 3- Appuyer sur OK

Une nouvelle fenêtre va apparaître

- 4- Choisir le port COM1

- 5- Appuyer sur configure pour sélectionner les paramètres de transfert (figure IV.5).

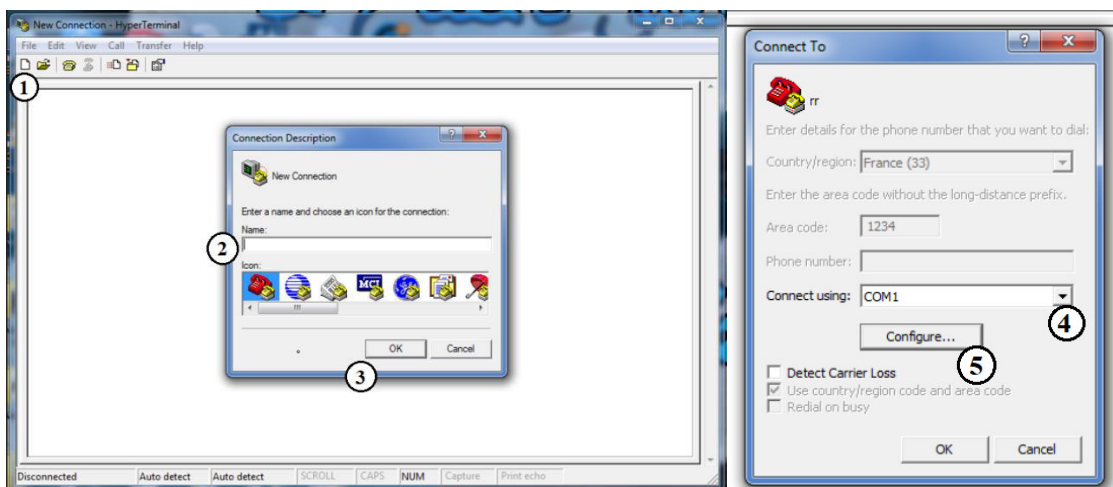


Figure IV.5 : Étapes de Configuration de l'HyperTerminal

Une autre fenêtre va apparaître (propriétés des ports) figure IV.6:

- 6- Appuyer sur restore défaut
- 7- Appuyer sur OK pour confirmer
- 8- Appuyer sur transfert
- 9- Appuyer sur capteur texte

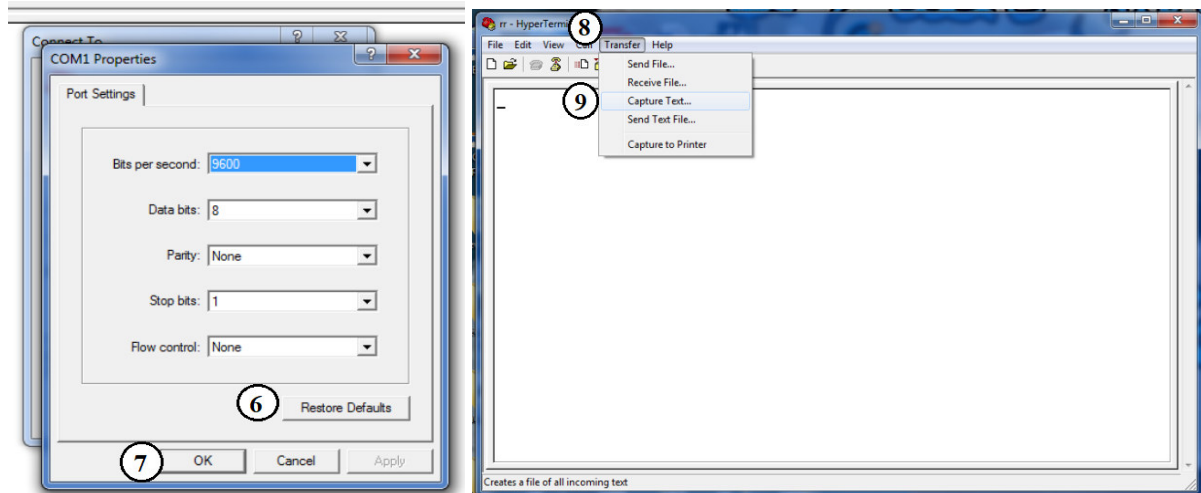


Figure IV.6 : Étapes de configuration

Création du fichier Excel et choix d'emplacement figure IV.7

- 10- Pour sélectionner l'emplacement du fichier Excel.
 - 11- Création du fichier Excel (temp.csv).
 - 12- Cliquer sur Save.
 - 13- L'HyperTerminal est connecté.
- En appuyant sur Start l'enregistrement commence.

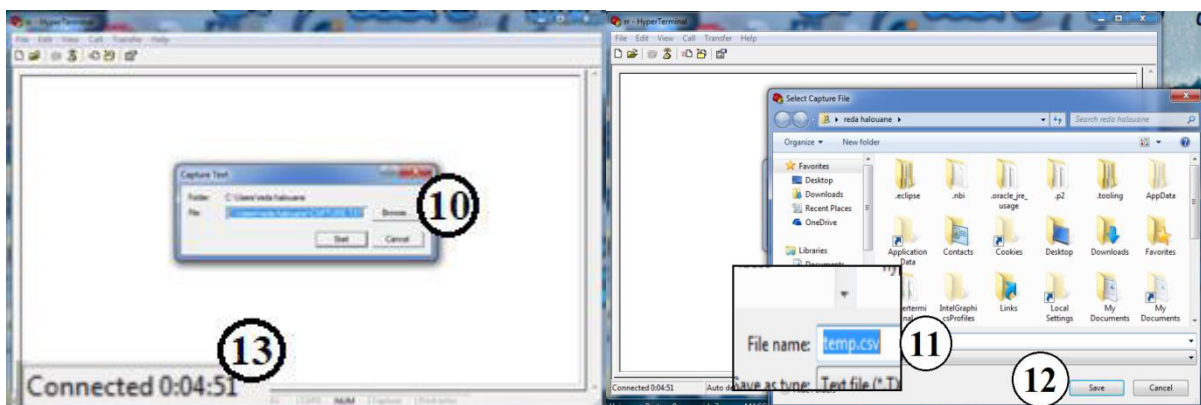


Figure IV.7 : Création du fichier Excel

IV.6. Organigramme global de déroulement du programme

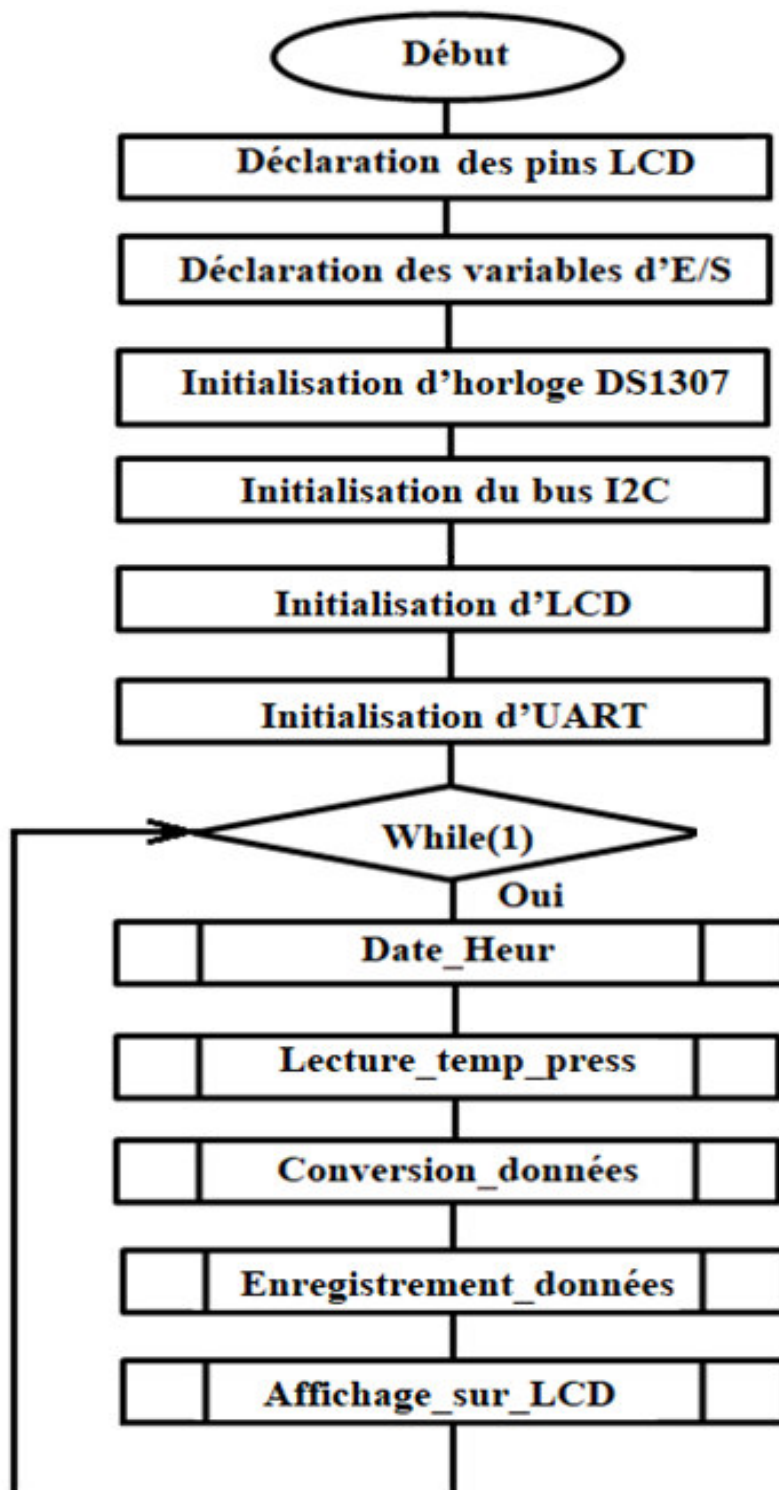
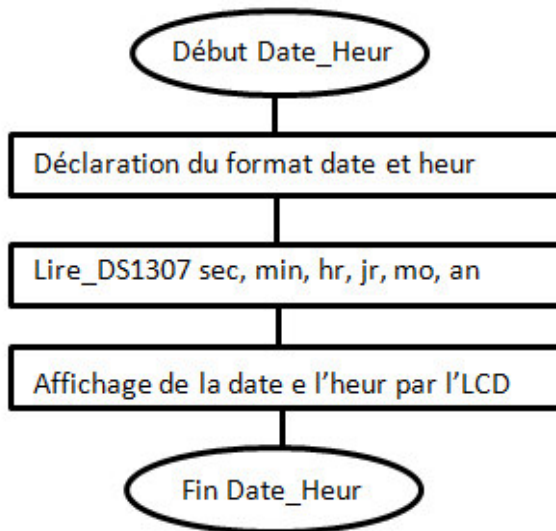


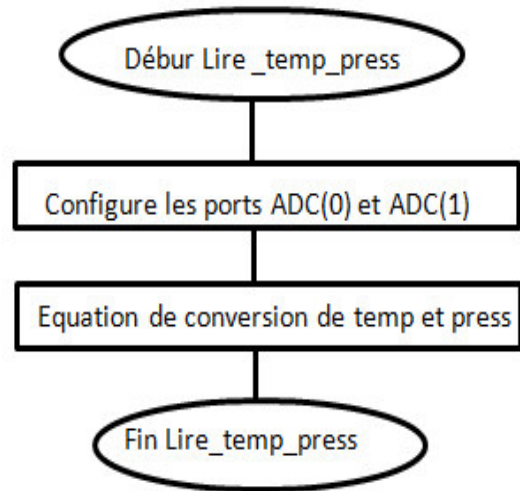
Figure IV.9 : Organigramme global

IV.6.1. Organigrammes des sous programmes

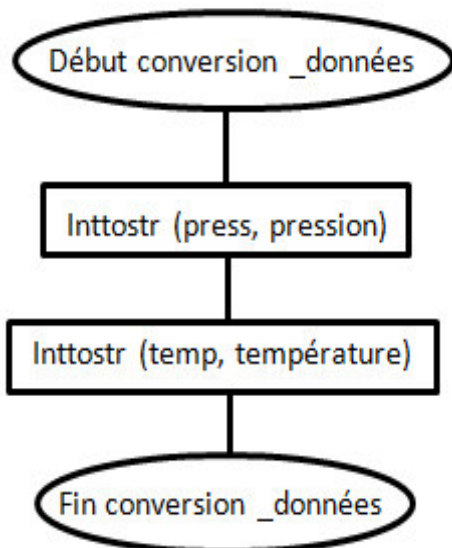
La fonction principale Main() du programme principale fait l'appelle a des sous programme qui sont représenter par les organigrammes ci-dessus figure IV.10



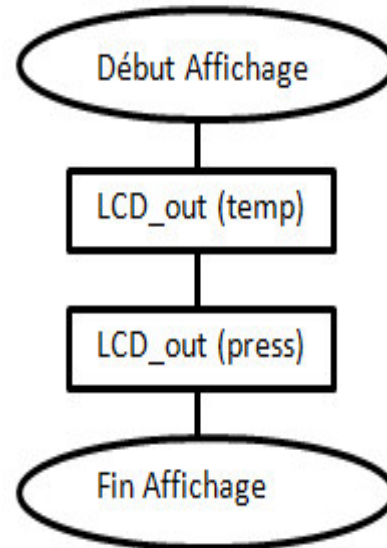
(a)



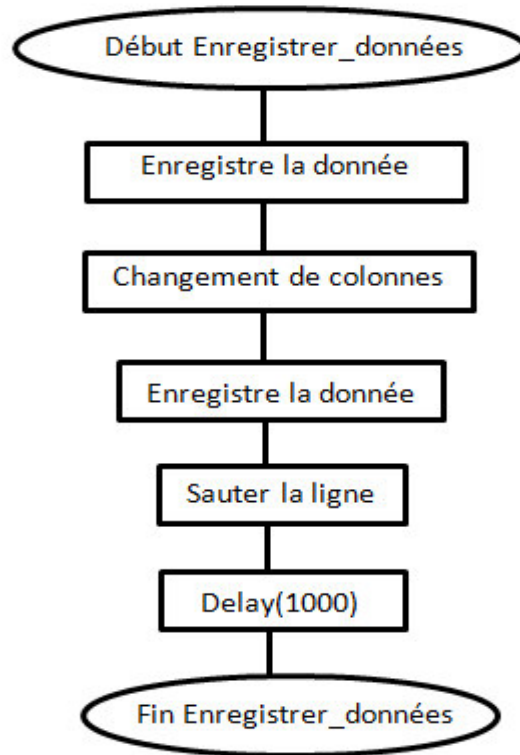
(b)



(c)



(d)



(e)

Figure IV.10 : Organigrammes des sous programmes. Affichage de l'heure et de la date (a), lecture et la conversion des valeurs de la température et de pressions (b), conversion de données (c), affichage sur LCD (d), enregistrement des données sous Excel (e)

IV.7. Résultats et interprétations

Durant notre stage pratique nous avons assisté à des opérations de descente de la jauge électronique AMERADA dans les puits, le but de cette opération est de faire des tests sur les puits. Il demeure bien entendu qu'avec le temps, la pression du gisement vient à chuter de façon progressive et devient insuffisante pour faire extraire l'effluent en surface, ce qui va provoquer un déclin considérable de production.

L'ingénieur de production doit connaître les conditions des puits producteurs et injecteurs pour avoir la meilleure performance du réservoir. Cette information peut être obtenue à partir des essais de puits. Pour cela, on impose une variation instantanée de débit en tête du puits et on mesure, en fonction du temps, l'évolution correspondante de la pression au fond du puits. L'interprétation des essais de puits est un outil indispensable pour connaître l'état du puits.

IV.7.1. Test effectué par le service BHP

1. LBU : (Long Build Up), durée de ce test est plus de 14 jours, ce test est fait pour la Surveillance des puits, ce test est utilisé pour obtenir les informations sur le puit et le réservoir. Il consiste à fermer un puit initialement ouvert et l'enregistrement de l'évolution de la pression.

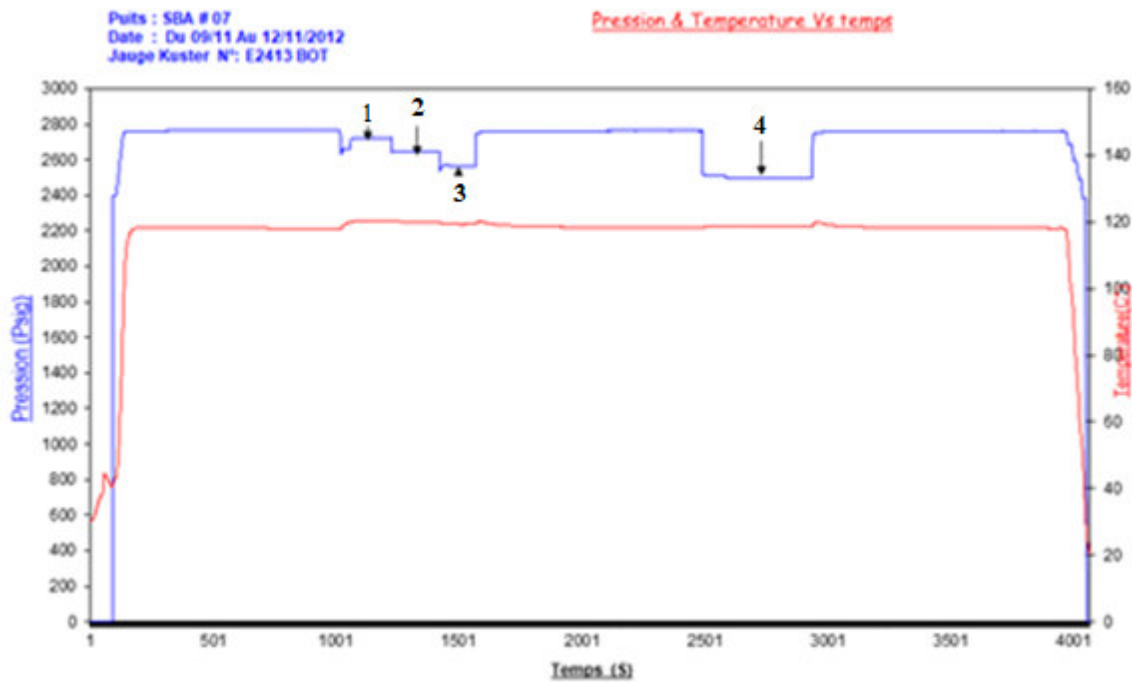


Figure IV.11 : Courbe du test LBU

Un test de remontée de pression ne présente pas l'inconvénient de la difficulté de maintenir un débit constant car le deuxième débit est nul.

L'inconvénient majeure de ce type de test concerne l'aspect économique, car la fermeture d'un puit induit une diminution de la production donc un manque à gagner, surtout lorsque le débit du puits est important et le test nécessite de longue période de fermeture.

Les positions 1, 2, 3 et 4 dans la figure IV.11 montrent la variation de la pression après la fermeture du puit.

IV.7.2. Résultats obtenus après la simulation

Le tableau IV.1 illustre les résultats de simulation obtenus durant notre stage pratique.

Tableau IV.1 : Résultats de simulation

	A	B	C	D
1	Température (°C)	Pression (kPa)	heure(H)	Date(j)
2	15	100	0,965358796296296	43269
3	15	100	0,966053240740741	43269
4	15	100	0,966747685185185	43269
5	16	100	0,96744212962963	43269
6	17	100	0,968136574074074	43269
7	18	101	0,968831018518518	43269
8	18	101	0,969525462962963	43269
9	18	101	0,970219907407407	43269
10	18	101	0,970914351851852	43269
11	19	101	0,971608796296296	43269
12	19	101	0,972303240740741	43269
13	19	101	0,972997685185185	43269
14	19	101	0,97369212962963	43269
15	20	101	0,974386574074074	43269
16	20	101	0,975081018518519	43269
17	20	101	0,975775462962963	43269
18	20	101	0,976469907407407	43269
19	20	101	0,977164351851852	43269
20	20	101	0,977858796296296	43269
21	20	101	0,978553240740741	43269
22	20	101	0,979247685185185	43269
23	20	101	0,97994212962963	43269
24	20	101	0,980636574074074	43269
25	20	101	0,981331018518519	43269

Nous avons tracé la courbe des résultats représentée dans la figure IV.12. En examinant cette courbe, nous pouvons remarquer que la variation de la température provoque une variation de la pression. Notons par ailleurs que la courbe présente trois phases de variations :

La première phase est l'augmentation de la température suivie par l'augmentation de la pression (période de la matinée jusqu'à l'après-midi).

La deuxième phase qui est située en haut de la courbe montre une stabilité légère de la température et de la pression. Cette phase représente la période de l'après-midi jusqu'au soir.

La dernière phase montre une diminution de la température (période de nuit).

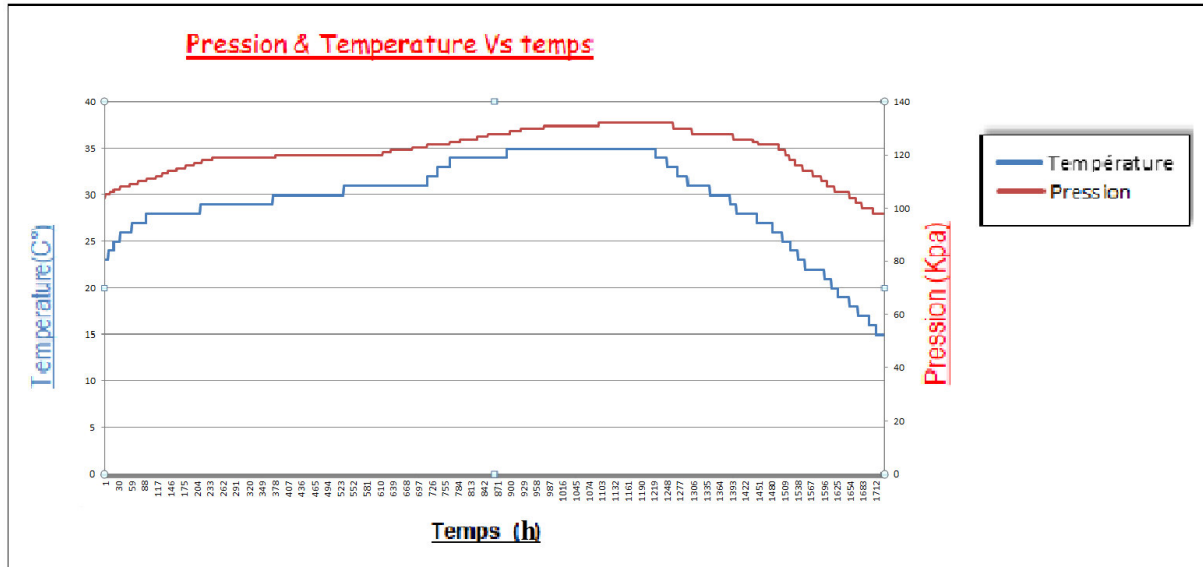


Figure IV.12 : Courbes des Résultats

IV.9. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons développé le circuit de la carte électronique sous un logiciel de simulation « Proteus 8 Professional ». Nous avons développé le programme sous MikroC PRO pour PIC avec le langage C. et nous avons simulé et enregistré les données. Nous avons représenté les résultats enregistrés dans un fichier Excel par des courbes que nous avons interprétés. Ces résultats ont été obtenus au sein de l'ENSP.

D'après notre simulation, on peut conclure que les résultats sont proches de la réalité.

Conclusion générale

La technologie des systèmes embarqués prene de plus en plus une place importante dans notre société. Ces derniers servent à contrôler et à réguler les dispositifs électroniques grâce à des capteurs embarqués. Les systèmes embarqués sont utilisés dans différents domaines : pétrolier, aviation, télécommunication, armement, médical et vie courante.

Pendant notre stage pratique, qui s'est déroulé à l'ENSP, (service BHP), nous avons pu suivre l'application des systèmes embarqués utilisés dans les jauges électroniques. Ces dernières qui sont des instruments de mesures de pression et de température servent pour le suivi de la production des puits pétroliers et leur surveillance.

La technologie de la carte électronique QUANTUM utilisée dans la jauge AMERADA est issue de la dernière génération. Cette carte électronique est un instrument performant et fiable. Son utilisation sert à améliorer les précisions de mesures. Alors que les procédures de calibration appliquées à la carte QUANTUM corrigent les erreurs de mesures de capteurs de pression et de température. Ainsi que l'importance des tests effectués par la jauge électronique dans le domaine pétrolière.

L'élaboration de ce travail nous a permis, d'une part, d'approfondir nos connaissances dans le domaine électronique des systèmes embarqués et le savoir-faire acquis durant les années de notre cycle d'études et d'autre part, de bien préparer notre intégration à la vie professionnelle.

Le travail que nous avons réalisé pourrait être complété et poursuivi sous différents aspects, notamment :

- Simuler le principe de fonctionnement de la carte électronique QUANTUM mais en considérant d'autres paramètres : angles de déviation, azimuthe de direction du réservoirs, rayons alpha, gamma, beta.
- Utiliser des batteries fiables et rechargeables.

Références Bibliographique

- [1] Examen d'un Circuit Latch Asynchrones CD 4042, http://electronique-et-informatique.fr/Digit/Pratique/Digit_5PS1.html.
- [2] Thevenaz Industrial Trail Sylvan Lake, Alberta, Canada T4S 2J6// SS6100 Wellhead Data Recorder Operation Manual, www.sparteksystems.com.
- [4] Maintenance Kuster.pdf.
- [3] www.kusterco.com.
- [5] <http://www.connexe.univ-brest.fr/lpo/instrumentation/04.htm>.
- [6] OPERATING MANUAL for QUARTZDYNE® Frequency Output Pressure Transducers Quartzdyne, Inc. www.quartzdyne.com.
- [8] «Model SS21001.25” Sapphire Pressure/Temperature Recorder » <http://www.sparteksystems.com>.
- [9] <http://www.greatbatch.com/cp/products/lithium/passivation.asp>.
- [10] «Quartzdyne, Inc. Calibration Procédures & Metrology Uncertainties», www.quartzdyne.com.
- [11] «Comment effectuer une mesure par jauge de contrainte » ftp://130.164.81.30/pub/branches/france/mesures_courantes_2.pdf.
- [12] définition de quantum, <https://www.tayo.fr/>.
- [13] «Schéma Kuster.pdf », <https://www.kusterco.com/>.
- [14] C8051F020/1/2/3 8KISP FLASH MCU Family «Silicon Laboratories Entreprise. SILICON LABS », <https://www.silabs.com/>.
- [15] «Calibrating a pressure gauge», <https://www.ukessays.com/>.
- [16] «MODE OPERATOIRE BHP. MAINTENANCE & REPARATIO DES JAUGES ELECTRONIQUES » www.enspgroup.com.
- [17] «E-DWT- Electronic deadweight Tester », <http://www.dhinstruments.com>.
- [18] «GAUGE CALIBRATION MANUAL », <http://www.kusterco.com>
- [19] «LM35 LM35DZ Précision Centigrade/Celsius Temperature Sensor », <https://www.ebay.in/itm/>.
- [20] « PIC16F877A MICROCONTROLLER », <https://components101.com/>.

Annexes

Capteur de température LM35 [19]

Le capteur LM35 est un appareil de précision à circuit intégré dont la tension de sortie est linéairement proportionnelle à la température centigrade. Le dispositif LM35 a un avantage sur les capteurs de températures linéaires calibrés en Kelvin, car l'utilisateur n'a pas besoin de soustraire une grande tension constante de la sortie pour obtenir une mise à l'échelle centigrade pratique (Figure 1)

Le dispositif LM35 ne nécessite aucun calibrage ou ajustement externe pour fournir des précisions typiques :

- $\pm 1/4$ ° C à température ambiante
- $\pm 3/4$ ° C sur une plage de température complète de -55 ° C à 150 ° C.
- Calibré directement en degrés Celsius
- Linéaire + facteur d'échelle de 10 mV / ° C
- 0,5 ° C Précision garantie (à 25 ° C)
- Évalué pour Gamme complète -55 ° C à 150 ° C
- Convient pour les applications distantes
- Faible coût grâce à la coupe au niveau de la tranche
- Fonctionne de 4 V à 30 V
- Tension d'alimentation : +4 à +30 Vcc. (conseillé + 20V)

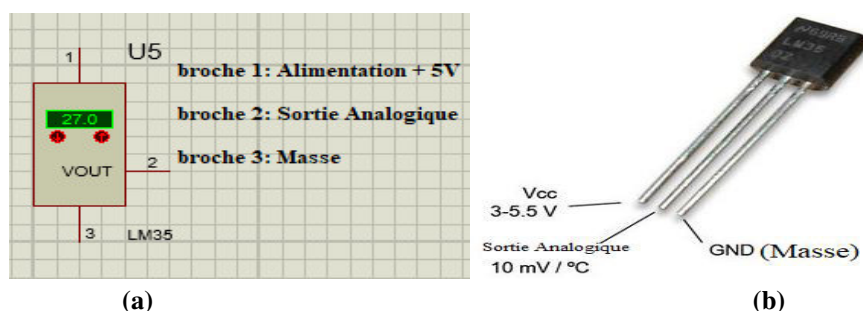


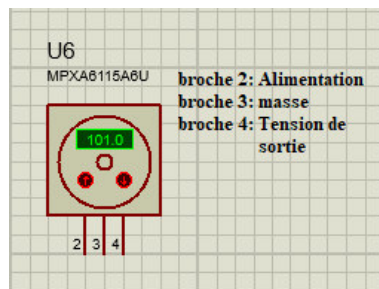
Figure 1 : Capteur de température LM35. Cas d'une simulation (a), cas réel (b)

Capteur de pression MPXA6115A6U [19]

Ce capteur combine des fonctions avancées techniques de micro-usinage, métallisation en couche mince et semi-conducteur bipolaire pour fournir un signal de sortie analogique précis de haut niveau qui est proportionnel à la pression appliquée (Figure 2).

Détail du capteur :

- Pression de fonctionnement : 16.7 psi
- Précision : 1.5 %
- Tension d'alimentation de fonctionnement : 5 V
- Température de fonctionnement : min - 40 C max : + 125 C
- Tension de sortie : 4.8 V
- Courant d'alimentation de fonctionnement : 6 mA
- Tension d'alimentation - Max : 5.25 V, - Min : 4.75 V
- Sensibilité 45.0mV/kPa
- Plage de pression : min=15 kPa – max=115 kPa



(a)



(b)

Figure 2 : Capteur de pression. Cas d'une simulation (a), cas réel (b)

Microcontrôleur PIC16f877A [20]

Le PIC16F877A dispose de 256 octets de mémoire de données EEPROM, auto-programmation, un ICD, 2 comparateurs, 8 canaux de convertisseur analogique-numérique (A / N) 10 bits, 2 fonctions de capture / comparaison / PWM. Le port série synchrone peut être configuré soit en tant qu'interface SPI TM à 3 fils, soit en bus I²C TM à deux fils et en tant que transmetteur universel asynchrone (USART), et possède 40 pin (Pins) (Tableau 1).

➤ Caractéristiques :

- Tension de fonctionnement (V) : 2 to 5.5 V
- Nombre de Pins d'E / S : 33
- Module ADC : 8ch, 10 bits
- Module de minuterie (Timers) : 8-bit (2), 16-bit (1)
- Périphériques de communication : UART (1), SPI (1), I2C (1), MSSP (SPI/I2C)
- Type de mémoire de programme : Flash
- Vitesse du processeur (MIPS) : 5 MIPS
- Nous avons utilisé ce microcontrôleur en raison de sa facilité de programmation et rapidité d'exécution des programmes et de traitement de données, ainsi qu'il possède des périphériques de communication efficaces et gérables.

Tableau 1: Pins de configuration du PIC16F877A

Numéro du pin	Nom de la Pin	Description
1	MCLR/Vpp	MCLR est utilisé pendant la programmation, principalement connecté à un programmeur comme Pic Kit
2	RA0/AN0	Pin analogique 0 ou 0 ^{ème} Pin de PORTA
3	RA1/AN1	Pin analogique 1 ou 1 ^{ère} Pin de PORTA
4	RA2/AN2/Vref-	Pin analogique 2 ou 2 ^{ème} Pin de PORTA
5	RA3/AN3/Vref+	Pin analogique 3 ou 3 ^{ème} Pin de PORTA
6	RA4/T0CKI/C1out	4 ^{ème} épingle de PORTA
7	RA5/AN4/SS/C2out	Pin analogique 4 ou 5 ^{ème} Pin de PORTA
8	RE0/RD/AN5	Pin analogique 5 ou 0 ^{ème} Pin de PORTE
9	RE1/WR/AN6	Pin analogique 6 ou 1 ^{ère} Pin de PORTE
10	RE2/CS/AN7	7 ^{ème} épingle de PORTE
11	Vdd	Pin de masse de MCU
12	Vss	Pin positive de MCU (+ 5V)
13	OSC1/CLKI	Oscillateur externe / Pin d'entrée d'horloge
14	OSC2/CLKO	Oscillateur externe / Pin de sortie d'horloge
15	RC0/T1OSO/T1CKI	0 ^{ème} pin de PORT C
16	RC1/T1OSI/CCP2	1 ^{ère} pin de PORTC ou Timer / PWM Pin
17	RC2/CCP1	2 ^{ème} pin de PORTC ou Timer / PWM Pin
18	RC3/SCK/SCL	3 ^{ème} pin de PORTC
19	RD0/PSP0	0 ^{ème} pin de PORTD
20	RD1/PSPI	1 ^{ère} pin de PORTD
21	RD2/PSP2	2 ^{ème} pin de PORTD
22	RD3/PSP3	3 ^{ème} pin de PORTD
23	RC4/SDI/SDA	4 ^{ème} Pin de PORTC ou de données série en Pin
24	RC5/SDO	5 ^{ème} Pin de la Pin PORTC ou Serial Data Out
25	RC6/Tx/CK	6 ^{ème} Pin de PORTC Pin d'émetteur de microcontrôleur
26	RC7/Rx/DT	7 ^{ème} pin de PORTC Pin de récepteur de microcontrôleur
27	RD4/PSP4	4 ^{ème} pin de PORTD
28	RD5/PSP5	5 ^{ème} pin de PORTD
29	RD6/PSP6	6 ^{ème} pin de PORTD
30	RD7/PSP7	7 ^{ème} pin de PORTD
31	Vss	Pin positive de MCU (+ 5V)
32	Vdd	Pin de masse de MCU
33	RB0/INT	0 ^{ème} pin de PORTB ou Pin d'interruption externe
34	RB1	1 ^{er} pin de PORTB
35	RB2	2 ^{ème} pin de PORTB
36	RB3/PGM	3 ^{ème} pin de PORTB ou connecté au programmeur
37	RB4	4 ^{ème} pin de PORTB
38	RB5	5 ^{ème} pin de PORTB
39	RB6/PGC	6 ^{ème} pin de PORTB ou connecté au programmeur
40	RB7/PGD	7 ^{ème} pin de PORTB ou connecté au programmeur

Afficheur LCD LM044L

Cet afficheur possède 4 lignes d'affichage, chaque ligne possède 20 caractères (Figure 3). La figure 3.b montre le nombre des lignes et des colonnes.

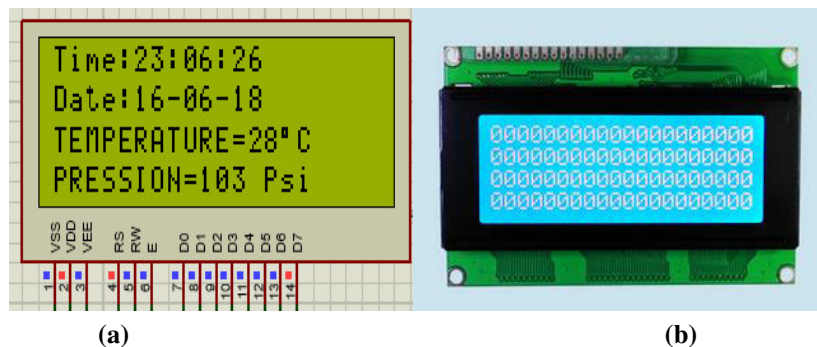


Figure 3 : Afficheur LM044L.Cas d'une simulation (a), cas réel (b)

DS1307

L'horloge en temps réel série (RTC) DS1307 (Figure IV.6) est une horloge / un calendrier décimal à codage binaire complet (BCD) de faible puissance. L'adresse et les données sont transférées en série via un bus bidirectionnel I2C. L'horloge / le calendrier fournit des informations sur les secondes, les minutes, les heures, le jour, la date, le mois et l'année.

Le DS1307 fonctionne en tant qu'appareil esclave sur le bus I2C. L'accès est obtenu en mettant en œuvre une condition START et en fournissant un code d'identification d'appareil suivi d'une adresse de registre. Les registres suivants peuvent être accédés séquentiellement jusqu'à ce qu'une condition STOP soit exécutée.

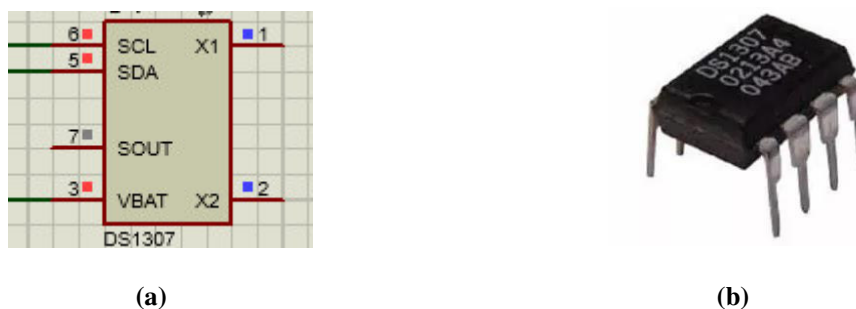


Figure 4 : Horloge en temps réel série (RTC) DS1307.Cas d'une simulation (a), cas réel (b)

I2C

L'I2C est un bus série synchrone bidirectionnel half-duplex, où plusieurs équipements, maîtres ou esclaves peuvent être connectés au bus.

La connexion est réalisée par l'intermédiaire de deux lignes figure 5:

- SDA (Serial Data Line) : ligne de données bidirectionnelle,
- SCL (Serial Clock Line) : ligne d'horloge de synchronisation bidirectionnelle.

Les 2 lignes sont tirées au niveau de tension V_{DD} à travers des résistances de [pull-up](#) (R_p).



Figure 5 : I2C dans Proteus 8 Professional.

HyperTerminal « Compim »

La Compim est une norme standardisant une voie de communication de type [série](#), les ports RS-232 sont désignés par les noms COM1, COM2, etc...

Pour les transferts de données entre le logiciel Proteus 8 Professional et l'ordinateur, nous avons utilisé l'HyperTerminal (Voir figure 6).

L'HyperTerminal est un programme de communication et d'émulation de terminal fourni avec les systèmes d'exploitation Windows 98 et Windows XP.

L'HyperTerminal est utilisé pour configurer une connexion par modem à un autre ordinateur via le modem interne à l'aide de Telnet ou pour accéder à un système de forum sur un autre ordinateur. Ils peuvent utiliser HyperTerminal pour configurer une connexion pour les transferts de données entre deux ordinateurs, tels qu'un ordinateur de bureau et un ordinateur portable, en utilisant les ports série.



Figure 6 : Icône de l'HyperTerminal

Autre Tests effectuer par le service BHP

SBU:(ShortBuildUp),est le même type de test que LBU mais de durée d'une à deux semaines. La figure 7 montre l'augmentation de la pression après la fermeture du puits. Ce qui signifie que c'est un bon gisement.

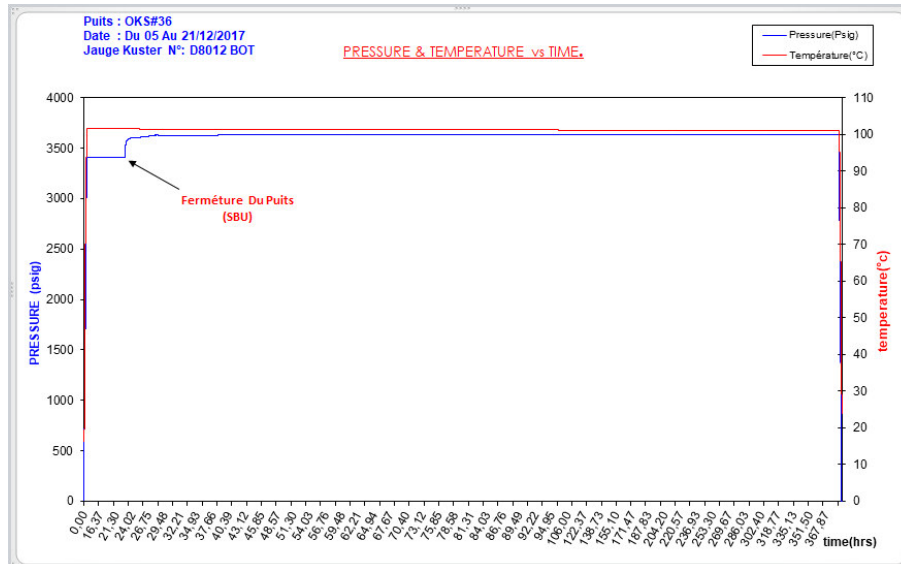


Figure 7 : Courbe du test SBU

PFS : (Pression de Fonds Statique), la durée de ce test est généralement moins d'un jour.

Ce test est fait pour observer la variation de la température et de la pression dans le puits. La figure 8 montre le changement graduel de la pression en fonction du temps.

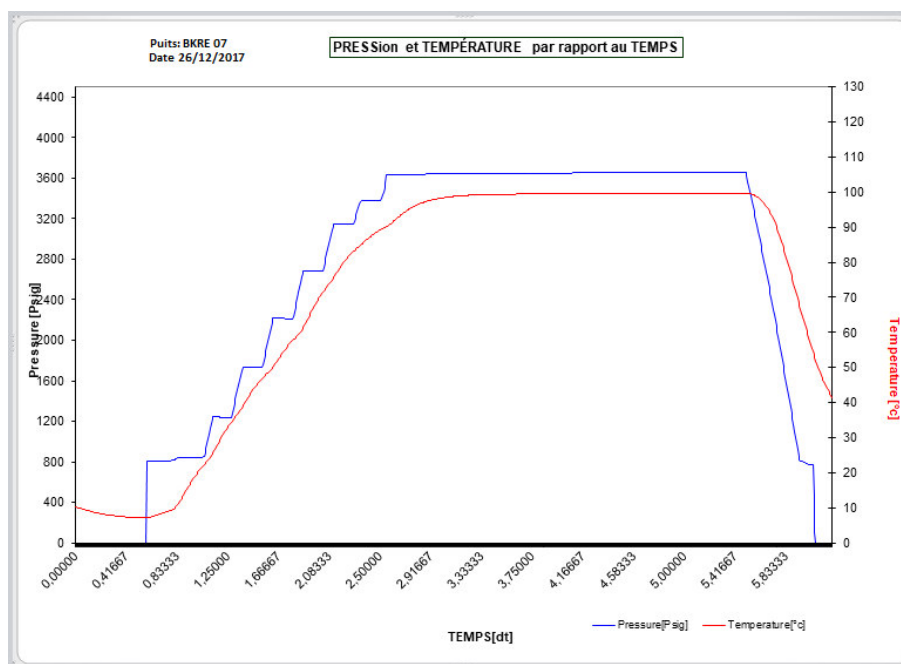


Figure 8 : Courbe du test PFS

PFD : (Pression de Fonds Dynamique). La durée de ce test est à un à trois jours.

Ce test est fait pendant la production du puits. Dans la figure 9, nous pouvons observer des changements graduels et mineurs de la pression.

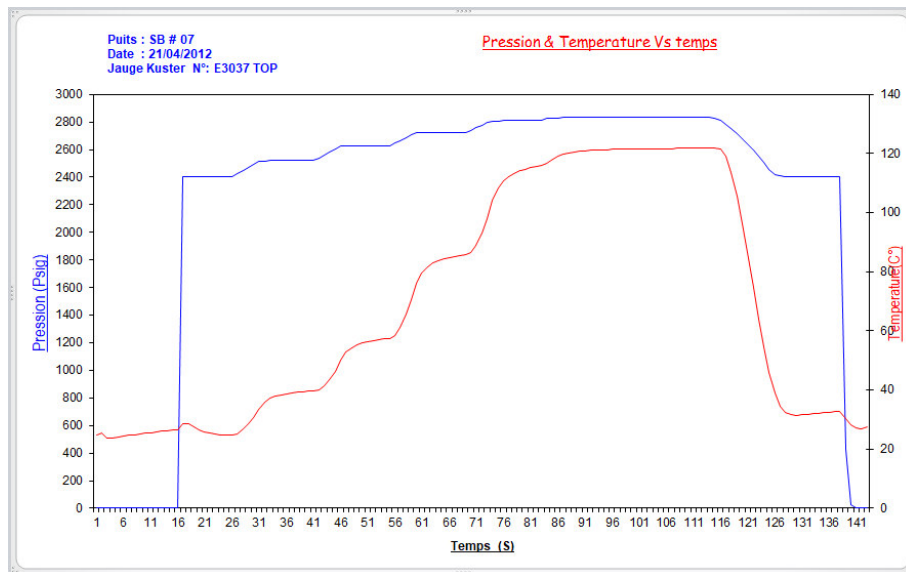


Figure 9 : Courbe du test PFD

Test d'interférence : Ce test dure quelque mois (teste pour vérifier l'influence des puits entre eux).

Un test d'interférence est un test multi-puits. Au moins deux puits sont nécessaires (un puits d'observation et un puits actif).

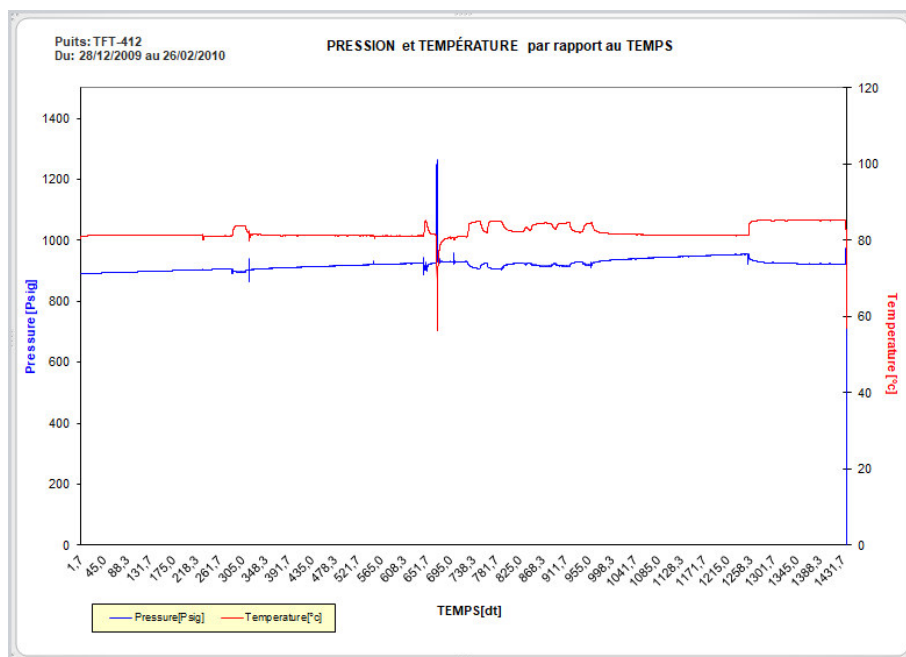


Figure 10 : Courbe du test d'interférence