

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**



UNIVERSITÉ KASDI MERBAH-OUARGLA
Institut des Sciences et des Techniques Appliquées
Département : Génie Appliqué



Projet de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme de
Licence Professionnelle

Présenté au Département de Génie Appliqué
Domaine : Sciences et Technologie
Spécialité : Mesures, Métrologie et Qualité

Réalisé par l'étudiant :

- LADFAR zakaria
- ZOUBIRI salah Dine

Thème :
Capteurs de température
principe de fonctionnement, caractéristiques, avantages et inconvénients

Soutenu le 14/06/2022 devant la commission d'examen composée de :

M. MOUFFOUK Housseem	MCA	à l'Université de Ouargla	Président
M. MECHRI Mohammed Laid	MCB	à l'Université de Ouargla	Directeur du Mémoire
M. SETTOU belkhir	MAB	à l'Université de Ouargla	Examineur

Année Universitaire : 2021 / 2022

Dédicace 1-2

Je dédie ce travail à:

*Mes très chers parents en signe de reconnaissance et de
profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts
et de moyens pour me voir réussir dans mes études;*

Mes chers frères et Mes chères sœurs;

Toute ma famille ;

Tous mes amis sans exception;

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour
que ce projet soit possible, je vous dis MERCI.*

Remerciement

Nous remercions en premier lieu ALLAH tout puissant de nous avoir accordé la puissance et la volonté pour achever ce travail.

*Nous adressons nos sincères remerciements à Monsieur **le Dr. MECHRI Med Laid** pour son suivi, ses conseils judicieux et ses discussions qui nous ont beaucoup aidés au cours de nos recherches, nous vous remercions pour la gentillesse et la spontanéité avec lesquelles vous avez bien voulu diriger ce travail.*

*Nous tenons à remercier avec plus grande gratitude Monsieur **le Dr. MOUFFOUK Housseem**, de l'honneur qu'il nous fait d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.*

*Nous remercions également Monsieur **le Dr SETTOU belkhir** d'avoir accepté de se joindre à ce jury comme examinatrice.*

Sommaire

Introduction générale

Chapitre 01: Généralités sur les capteurs de température

1. Définition d'un capteur	3
2. Classification des Capteurs	3
2.1 Les capteurs actifs	3
2.2 Les capteurs passifs	7
3. La Température	8
4. Les Capteurs de Température	8
5. Les échelles de température	10
5.1 Échelle fahrenheit	10
5.2 Échelle Celsius	11
5.3 Échelle kelvin	11
5.4 Échelle de Réaumur	11

Chapitre 02: Technologie

1. CAPTEURS DE TEMPERATURE A CONTACT	13
1.1. Capteurs à résistance métalliques	13
1.1.1. Principe de fonctionnement	13
1.1.2. Caractéristiques	14
1.1.3 Avantages et inconvénients	14
1.2. Thermistances	15
1.3. Thermocouples	16
2. CAPTEURS DE TEMPERATURE A DISTANCE	19

Chapitre 03: Utilisation des appareils de mesure de la température

1. Présentation de l'entreprise SONATRACH	22
2. Présentation de la région HAOUD-BERKAOUI	22
3. Utilisation des appareils de mesure de la température	27
3.1. Mesure de température	27
3.2. Thermomètres utilisant les phénomènes de dilatation	28
3.3. Les thermomètres fournissant une grandeur de sortie électrique	30

Conclusions générales

Liste des figures

<i>Figure I-1 : capteurs</i>	3
<i>Figure I-2 : capteur actif</i>	3
<i>Figure I-3 : L'effet thermoélectrique</i>	4
<i>Figure I-4 : L'effet piezo-électrique</i>	4
<i>Figure I-5 : L'effet photo-électrique</i>	4
<i>Figure I-6 : L'effet pyro-électrique</i>	5
<i>Figure I-7 : L'effet d'induction électromagnétique</i>	5
<i>Figure I-8 : L'effet Hall</i>	6
<i>Figure I-9 : Choix d'un Capteur</i>	9
<i>Figure I-10 : Choix d'un Thermomètre Electrique</i>	10
<i>Figure I-11 : Echelles de température</i>	11
<i>Figure II-1: photo d' un capteur de température à résistance métallique.</i>	13
<i>Figure II-2: Architecture physique d'un RTD</i>	14
<i>Figure II-3: Photo d'une thermistance à coefficient négatif</i>	15
<i>Figure II-4: Symbole communément utilisé pour représenter une thermistance</i>	15
<i>Figure II-5: Résistance en fonction de la température pour une thermistance et un RTD</i>	16
<i>Figure II-6: Photo d'un thermocouple de type K</i>	16
<i>Figure II-7: Schéma du principe de fonctionnement de thermocouple.</i>	17
<i>Figure II-8: Variation de la f.e.m. des différents thermocouples en fonction de la température.</i>	18
<i>Figure II-9: Photo d'un pyromètre optique</i>	19
<i>Figure III.1 : Situation géographique de la Direction Régionale HBK.</i>	22
<i>Figure III.2 : Organigramme de la direction régionale de HBK</i>	25
<i>Figure III.3 : Organigramme de la division Maintenance</i>	26
<i>Figure III.4: Thermomètre à dilatation d'un solide</i>	28
<i>Figure III.5: Thermomètre à dilatation d'un bilame.</i>	29
<i>Figure III.6: Thermomètre à dilatation liquide.</i>	29
<i>Figure: III.7 Thermomètre à Dilatation de gaz</i>	29

<i>Figure III.8: Exemples de résistances de platine</i>	30
<i>Figure III.9: Exemples d un montage 3 ou 4 fils</i>	31
<i>Figure III.10: Thermorésistante</i>	31
<i>Figure III.11: le principe de montage d'un thermocouple.</i>	32
<i>Figure III.12: Le transmetteur de température</i>	32

Liste Des Tableaux

<i>Tableau I-1: Les principes physiques de base et les modes d'application de ces effets</i>	6
<i>Tableau I-2: Gamme de Température des Principaux Thermomètres</i>	9
<i>Tableau II-1 : métaux utilisés</i>	13
<i>Tableau II-2: Tableau synthétique de thermocouples</i>	17
<i>Tableau III.1: le coefficient de dilatation linéaire K pour quelques matériaux</i>	28

Liste des icônes

- RTD*** *Resistance température detector*
CTN *Coefficients de Température Négatif*
CTP *Coefficients de Température Positif*
f.e.m. *Force électro motrice*

Introduction générale

La température est une grandeur différente des autres grandeurs physiques (longueur, masse, ...) qui sont des grandeurs extensives qu'on peut définir numériquement par rapport à une grandeur de même nature prise comme référence. La température est une grandeur intensive [1], qui peut être mesurée de deux façons différentes [2] :

– À l'échelle atomique, elle est liée à l'énergie cinétique moyenne des constituants de la matière ;

– Au niveau macroscopique, certaines propriétés des corps dépendant de la température (volume massique, résistivité électrique, etc...) peuvent être choisies pour construire des échelles de température.

les trois types de thermomètres à dilatation (les liquides, les gaz et les solides) sont à lecture directe et sont peut utilisés dans les régulations industrielles. De plus, Les capteurs électriques qui suivent auront l'avantage d'une plus grande souplesse d'emploi (information transmissible, enregistrement) tout en gardant une précision suffisante pour les emplois industriels et beaucoup d'emplois de laboratoire.

Le principal objectif de cette étude est les types de capteurs de température ont été définis avec leurs principes de fonctionnement, les caractéristiques ainsi que leurs avantages et inconvénients.

Outre l'introduction et la conclusion générale, notre travail s'articule autour de Trois chapitres dont :

- Le premier chapitre est consacré à rappeler quelque Généralités sur les Capteurs de Température (Définition ; Classification ;.....)*
- Dans le second chapitre nous citerons les différentes technologies de capteurs de température ; leurs principes de fonctionnement, les caractéristiques ainsi que leurs avantages et inconvénients. nous avons identifié deux catégories à savoir, les capteurs de température à contact et ceux à distance.*
- Le 3eme chapitre sera consacré à l'utilisation des appareils de mesure de la température au sein de la région HAOUD-BERKAOUI*

CHAPITRE 01 :

Généralités sur les capteurs de température

01. Définition d'un capteur?

02. Classification des Capteurs:

- Les capteurs actifs
- Les capteurs passifs

03. La Température

04. Les Capteurs de Température.

05. Les échelles de température:

- Échelle fahrenheit
- Échelle de Réaumur
- Échelle kelvin
- Échelle Celsius

1. Introduction (Définition d'un capteur) :

Le capteur est un élément indispensable dans la mesure, car dans de nombreux domaines (industrie, recherche scientifique, services, loisirs, etc...), on a besoin de contrôler et de vérifier les différents paramètres physiques (température, force, position, vitesse, luminosité, etc. ...).

C'est un transducteur qui va convertir le mesura de (grandeur physique) en une grandeur électrique (signal électrique). [1]

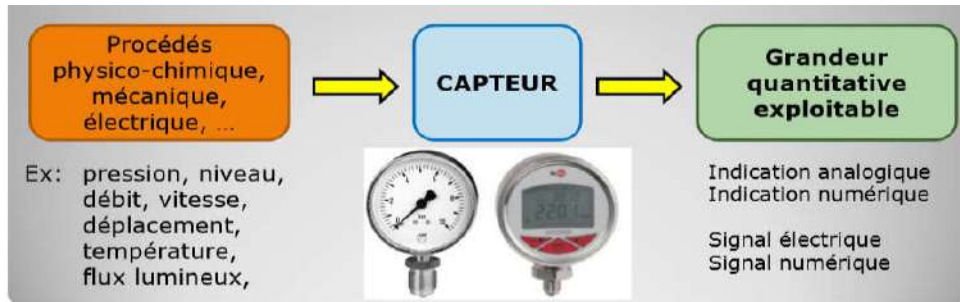


Figure I-1 : Processus de mesure par un capteur

2. Classification des Capteurs [2]:

Un capteur est un dispositif qui produit, à partir d'une grandeur physique, une grandeur électrique utilisable à des fins de mesure ou de commande. Cette grandeur électrique (tension ou courant) doit être une représentation aussi exacte que possible du mesurande considéré. On distingue les capteurs actifs et les capteurs passifs.

2.1 Les capteurs actifs [5] :

Fonctionnant en **générateur**, un capteur **actif** est généralement fondé dans son principe sur un **effet physique** qui assure la conversion en **énergie électrique** de la forme d'énergie propre au **mesurande** : énergie **thermique, mécanique, cinétique** ou **magnétique**

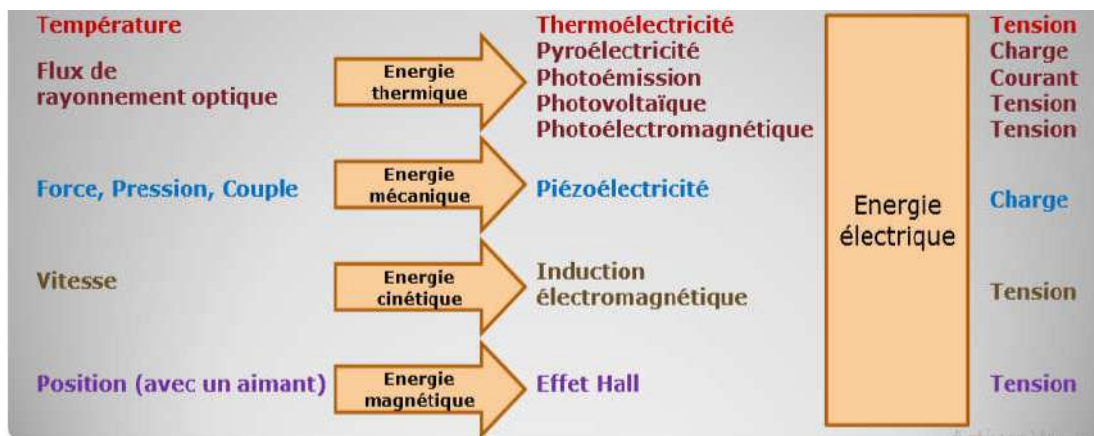


Figure I-2 : capteur actif et principe effet physique

❖ *L'effet thermoélectrique [2] :*

Un circuit formé de deux conducteurs de nature chimique différente, dont les jonctions sont à des températures T_1 et T_2 , est le siège d'une force électromotrice $e = f(T_1, T_2)$. Exemple d'application : la mesure de e permet de déterminer une température inconnue T_1 , lorsque la température T_2 est connue (principe du thermocouple).

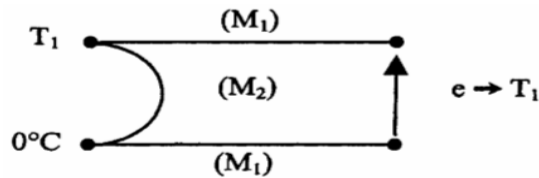


Figure I-3 : L'effet thermoélectrique

❖ *L'effet piezo-électrique :*

L'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézoélectriques (le quartz par exemple) entraîne une déformation qui provoque l'apparition de charges électriques égales et de signes contraires sur les faces opposées du matériau. Exemple d'application : la mesure de force, de pression ou d'accélération à partir de la tension que provoquent aux bornes d'un condensateur associé à l'élément piézo-électrique les variations de sa charge.

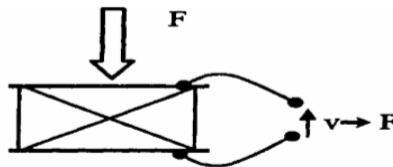


Figure I-4 : L'effet piezo-électrique

❖ *L'effet photo-électrique :*

Un rayonnement lumineux ou plus généralement une onde électromagnétique dont la longueur d'onde est inférieure à une valeur seuil, caractéristique du matériau considéré, provoquent la libération de charges électriques dans la matière.

Exemple d'application : la mesure de la tension de sortie permet de déterminer le flux par rayonnement.

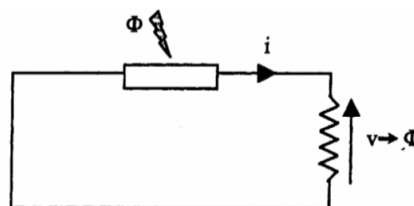


Figure I-5 : L'effet photo-électrique

❖ L'effet pyro-électrique :

Les cristaux pyro-électriques (le sulfate de triglycine par exemple) ont une polarisation électrique spontanée qui dépend de leur température, ils portent en surface des charges électriques proportionnelles à cette polarisation et de signes contraires sur leurs faces opposées.

Exemple d'application : la mesure de la charge aux bornes d'un condensateur associé à un cristal pyro-électrique permet de déterminer le flux lumineux auquel il est soumis.

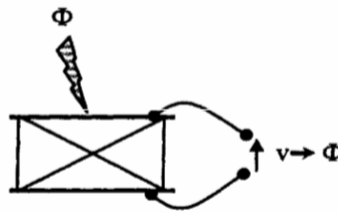


Figure I-6 : L'effet pyro-électrique

❖ L'effet d'induction électromagnétique :

Lorsqu'un conducteur se déplace dans un champ d'induction fixe, il est le siège d'une force électro-motrice proportionnelle à sa vitesse de déplacement. Ainsi, lorsqu'un circuit électrique est soumis à un flux d'induction variable du à son déplacement ou à celui de la source de l'induction (par exemple, un aimant), la f.e.m dont il est le siège est de valeur égale et de signe opposé à la vitesse de variation du flux d'induction.

Exemple d'application : la mesure de la f.e.m d'induction permet de connaître la vitesse du déplacement qui en est l'origine.

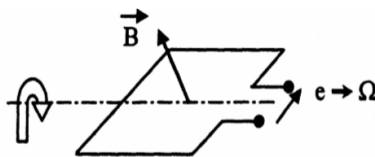


Figure I-7 : L'effet d'induction électromagnétique

❖ L'effet Hall :

Lorsqu'un matériau est parcouru par un courant I et soumis à un champ B formant un angle θ avec le courant, il apparaît une tension de Hall V_H dans une direction qui leur est perpendiculaire ($V_H = K_H \cdot I \cdot B \cdot \sin \theta$, où K_H est une constante qui dépend du matériau considéré).

Exemple d'application : la mesure de la tension V_H permet de déterminer la position d'un objet qui est lié à un aimant.

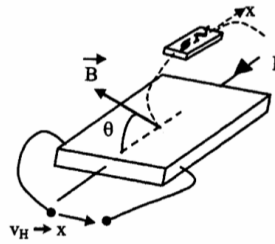


Figure I-8 : L'effet Hall

❖ *L'effet photovoltaïque :*

Un rayonnement lumineux sur l'assemblage de semi-conducteurs de types opposés P et N provoque la libération d'électrons (charges négatives) et de trous (charges positives) au voisinage de la jonction illuminée. Leur déplacement dans le champ électrique de la jonction modifie la tension à ses bornes.

Exemple d'application : la mesure de la tension de sortie permet de déterminer le flux par rayonnement.

Les principes physiques de base et les modes d'application de ces effets sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau I-1: Les principes physiques de base et les modes d'application de ces effets

Grandeur physique à mesurer	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermo-électrique	Tension
Flux par rayonnement	Photo-électrique	Tension
	Photovoltaïque	Tension
	Pyro-électrique	Charge
Force	Piézo-électrique	Charge
Pression	Piézo-électrique	Charge
Accélération	Piézo-électrique	Charge
Vitesse	Induction électromagnétique	Tension
Position	Hall	Tension

2.2 Les capteurs passifs :

Les capteurs passifs sont des impédances intégrées dans un circuit électrique (conditionneur), dont l'un des paramètres déterminants est sensible au mesurande. La variation d'impédance résulte de l'effet de la grandeur à mesurer sur :

- Soit les caractéristiques géométriques ou dimensionnelles qui peuvent varier si le capteur comporte un élément mobile ou déformable. Dans le premier cas, à chaque position de l'élément mobile correspond une valeur de l'impédance dont la mesure permet de connaître la position (principe des capteurs de déplacement ou de position tel que le potentiomètre). Dans le second cas, la déformation appliquée au capteur entraîne une modification de l'impédance (principe des capteurs de déformation tels que les jauges de contraintes).
- Soit les propriétés électriques des matériaux (résistivité ρ , perméabilité magnétique μ , constante diélectrique ϵ), qui peuvent être sensibles à différentes grandeurs physiques (température, humidité, éclairage ...). Si on fait varier une de ces grandeurs en maintenant les autres constantes, il s'établit une relation entre la valeur de cette grandeur et celle de l'impédance du capteur. La courbe d'étalonnage traduit cette relation et permet, à partir de la mesure de l'impédance, de déduire la valeur de la grandeur physique variable, qui est en fait le mesurande. Le tableau présente un aperçu des principaux mesurandes permettant de modifier les propriétés électriques des matériaux utilisés pour la fabrication des capteurs passifs.

2.3 Les grandeurs d'influence:

En raison des conditions d'utilisation, le capteur peut se trouver soumis non seulement à l'influence du mesurande, mais également à d'autres grandeurs physiques qui peuvent entraîner une variation de la grandeur électrique de sortie qu'il n'est pas possible de distinguer de l'action du mesurande. Ces grandeurs physiques « parasites » auxquelles la réponse du capteur peut être sensible représentent les grandeurs d'influence, dont les plus importantes sont :

- La température qui modifie les caractéristiques électriques, mécaniques et dimensionnelles des composants du capteur.
- La pression, l'accélération et les vibrations qui peuvent provoquer des déformations et des contraintes qui altèrent la réponse du capteur
- L'humidité qui peut modifier certaines propriétés électriques du capteur et qui peut dégrader l'isolation électrique entre ses composants ou entre le capteur et son environnement.
- Les champs magnétiques qui peuvent créer des f.e.m d'induction qui se superposent au signal utile.
- La tension d'alimentation dont la variation de l'amplitude ou de la fréquence peut perturber la grandeur électrique de sortie du capteur.
- La lumière ambiante qui peut s'ajouter au flux lumineux à mesurer.

Afin de pouvoir déduire de la valeur mesurée, les valeurs correspondant à ces grandeurs parasites, il faut :

- Réduire l'importance des grandeurs d'influence au niveau du capteur en le protégeant par un isolement adéquat.
- Stabiliser les grandeurs d'influence à des valeurs parfaitement connues et étalonner le capteur dans ces conditions de fonctionnement.
- Utiliser éventuellement des montages électriques permettant de compenser l'influence de ces grandeurs, comme par exemple un pont de Wheatstone avec un capteur identique placé dans une branche adjacente au capteur.

3. La Température [3] :

Il existe plusieurs définitions de la température, suivant le domaine auquel elle fait référence. Par exemple :

Physique : Phénomène physique se présentant comme une manifestation de l'énergie cinétique qui traduit le degré d'agitation calorifique des molécules d'un corps ou d'une substance; paramètre arbitraire qui sert à mesurer ce phénomène.

Climatologie : État énergétique de l'air se manifestant par un échauffement plus ou moins important.

Physiologie : Degré de chaleur du corps humain ou animal.

La température est donc une grandeur intensive (grandeur utilisée pour décrire l'état d'un système dont la valeur numérique est indépendante de la quantité de matière qui constitue ce système), ce qui rend sa mesure difficile et incite à recourir à une échelle pratique, reposant sur des phénomènes physiques répétables et aisément identifiables, permettant de la repérer.

4. Les Capteurs de Température [4] :

4.1 Choix d'un Capteur :

Afin de mesurer la température , on distingue plusieurs types de capteurs :

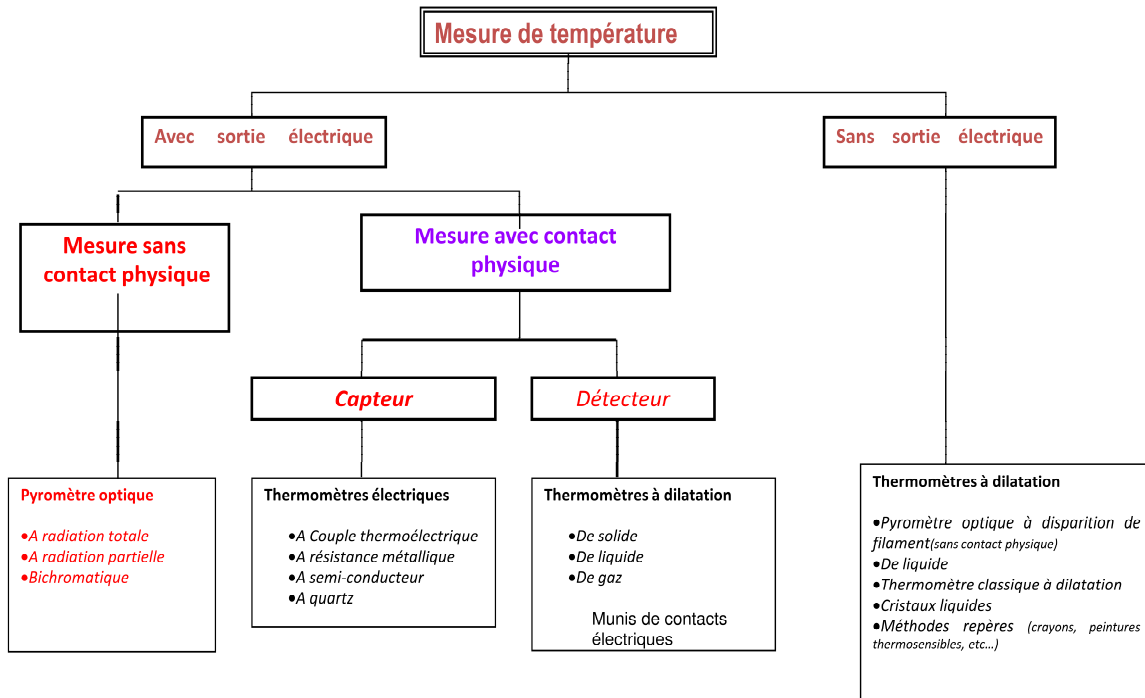


Figure I-9 : Choix d'un Capteur

4.2 Gamme de Température des Principaux Thermomètres :

La gamme de résistance varie selon l'appareil utilisé dans ce tableau , on distingue la gamme de chaque capteur :

Tableau I-2: Gamme de Température des Principaux Thermomètres

Type	Gamme de température				
	-300	0	1000	2000	3000
Thermocouple	[Barre orange de -300 à 1000]				
Résistance métallique	[Barre orange de -200 à 500]				
Thermistance	[Barre orange de -100 à 300]				
Transistor	[Barre bleue de -100 à 100]				
Circuit intégré	[Barre bleue de -50 à 100]				
Quartz	[Barre bleue de -50 à 200]				
Pyromètre optique	[Barre orange de 0 à 3000]				
Pyromètre à dilatation de solide	[Barre bleue de 0 à 500]				
Pyromètre à dilatation de liquide	[Barre bleue de 0 à 300]				
Thermomètre à dilatation de gaz	[Barre bleue de 0 à 500]				
Thermomètre à tension de de vapeur	[Barre bleue de 0 à 100]				
Cristaux liquides	[Barre bleue de 0 à 50]				
Méthodes repères	[Barre orange de 0 à 2000]				

5.2 Échelle Celsius :

L'échelle centésimale a été inventée par Carl Von Linné en 1743. Sur cette échelle, la température de congélation de l'eau est de 0°C température d'ébullition et de 100°C sous pression de 1 ATM. Parallèlement, l'échelle Celsius est introduite par l'astronome suédois André Celsius, et correspond pratiquement à l'échelle centésimale. L'échelle Celsius est l'échelle de température utilisée dans la vie courante. La température en Celsius (TC) est liée à la température en fahrenheit (TF) par la relation.

$$TF = 32 + 1.8 \times TC$$

5.3 Échelle kelvin :

Inventée par le mathématicien physicien britannique Sir William Thomson kelvin au XIXe siècle, l'échelle kelvin est couramment employée dans les domaines scientifiques. Le kelvin (K) est l'unité du système international de température. Sur terre, la température théorique la plus basse que l'on puisse approcher est le zéro absolu, à savoir 0 K, ou 273.15°C.

La température en kelvin (TK) est liée à la température en Celsius (TC) par la relation :

$$TK = 273.15 + TC$$

5.4 Échelle de Réaumur :

L'échelle de Réaumur est une échelle de température conçue en 1731 par le physicien et inventeur français René-Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757), qui a calibré son thermomètre entre 0 et 80 : le point de congélation de l'eau (valeur : zéro) et le point d'ébullition de l'eau (valeur : 80).

$$TRe = 0.8 TC \text{ donc } TC = 1.25 TRe$$

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons fait une étude générale sur les capteurs, en particulier les capteurs thermiques

CHAPITRE 02 :

Technologie des CAPTEURS DE TEMPERATURE

01. CAPTEURS DE TEMPERATURE A CONTACT

- *Capteurs à résistance métalliques :*
 - *Principe de fonctionnement*
 - *Caractéristiques*
 - *Avantages et inconvénients*
- *Thermistances*
- *Thermocouples*

02. CAPTEURS DE TEMPERATURE A DISTANCE

- *La pyrométrie optique :*
 - *Principe de fonctionnement*
 - *Caractéristiques*
 - *Avantages et inconvénients*

Introduction :

La technologie d'un capteur est l'ensemble des techniques ayant trait à la nature des composants des différents organes du capteur et de ses périphériques. Plusieurs technologies de capteurs sont utilisées pour la mesure de la température. Nous avons les capteurs de température à contact et les capteurs de température à distance.

1. CAPTEURS DE TEMPERATURE A CONTACT : [1]

Les capteurs de température à contact nécessitent un contact physique avec la matière ou l'objet. Ils se basent sur le principe d'échange de chaleur entre l'objet et le capteur jusqu'à l'équilibre. Au nombre des capteurs de température à contact, nous pouvons citer les capteurs à résistance métalliques, les thermistances et les thermocouples.

1.1. Capteurs à résistance métalliques :

Ils sont des capteurs ayant un conducteur métallique dont la résistance varie en fonction de la température.

La figure II-1 ci-dessous montre un capteur à résistance métallique.



Figure II-1: d' un capteur de température à résistance métallique. [1]

1.1.1. Principe de fonctionnement [1;2;3] :

Les capteurs à résistance métalliques fonctionnent sur le principe des variations de résistance électrique des métaux purs et se caractérisent par une modification positive linéaire de la résistance en fonction de la température. Une fois chauffée, la résistance du métal augmente et inversement une fois refroidie, elle diminue.

Les éléments types utilisés pour les capteurs à résistance métallique incluent le tungstène (W), le nickel (Ni), le cuivre (Cu) et le platine (Pt). Le platine est de loin le plus courant, en raison de l'étendue de sa gamme de températures (-200°C à 600°C), de sa précision et de sa stabilité.

Tableau II-1 : métaux utilisés [3]

Métal	Résistivité à 0°C ($\mu\Omega.cm$)	Point de fusion (°C)	Domaine d'application
Cuivre	7	1083	-190 à +150°C
Nickel	6.38	1453	-60 à +180°C
Platine	9.81	1769	-250 à +1100°C
Tungstène	1.72	3380	-269 à +27°C

Faire passer le courant à travers une sonde RTD, génère une tension à travers celle-ci. En mesurant cette tension, on peut déterminer sa résistance et ainsi, sa température.

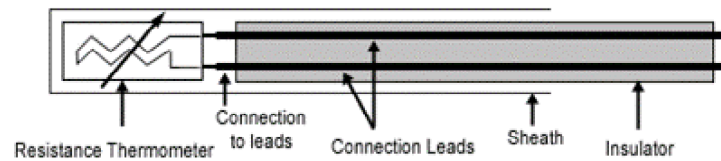


Figure II-2: Architecture physique d'un RTD [2]

1.1.2. Caractéristiques :

Les capteurs à résistance de température sont habituellement classés par leur résistance nominale à 0°C. Les valeurs de résistance nominale types pour les RTD à film fin en platine sont comprises entre 100 et 1000 Ω . La relation entre la résistance et la température est presque linéaire et respecte l'équation suivante :

$$\text{Pour } T > 0^{\circ}\text{C}, \quad R(T) = R_0 [1 + aT + bT^2]$$

Avec: $R(T)$ = Résistance à la température T ,

R_0 est la résistance nominale,

a et b sont des constantes utilisées pour mettre à l'échelle le capteur de température à résistance métallique.

1.1.3. Avantages et inconvénients :

Populaires pour leur stabilité, leur bonne reproductibilité et leur temps de réponse allant de 0,5 à 5 secondes, les capteurs de température à résistance sont très précis et présentent un signal le plus linéaire de tous les capteurs en matière de température. C'est un capteur simple à mettre en oeuvre.

Cependant, ils sont sensibles à l'auto-échauffement et à la résistance des fils de connexions et perturbables par l'effet joule. Du point de vue de leur construction, ils sont encombrants et coûtent généralement plus chers que leurs équivalents à cause de leur construction plus délicate et le recours au platine [4]. Ils sont aussi influencés par l'humidité et les gaz corrosifs.

1.2. Thermistances [1;5;6] :

Une thermistance est un agglomérat d'oxydes métalliques frittés, rendus compacts par haute pression (150 bar environ) exercée à une température élevée 1000°C.

La figure II-3 ci-dessous montre la photo d'une thermistance.



Figure II-3: d'une thermistance à coefficient négatif

1.2.1. Principe de fonctionnement :

Les thermistances, comme les capteurs à résistance métalliques, sont des conducteurs thermosensibles dont la résistance varie avec la température. Les thermistances sont constituées d'un matériau semi-conducteur d'oxyde métallique encapsulé dans une petite bille d'époxy ou de verre.

En outre, les thermistances présentent généralement des valeurs de résistance nominale plus élevées que les RTD (de 2 000 à 10 000 Ω) et peuvent être utilisées pour de plus faibles courants.



Figure II-4: Symbole communément utilisé pour représenter une thermistance [2]

1.2.2. Caractéristiques :

Les thermistances sont des capteurs à base d'oxydes métalliques frittés et rendus compacts. Il existe deux grandes sortes de thermistances : celles à Coefficients de Température Négatif (CTN) et celles à Coefficients de Température Positif (CTP). Ce qui veut dire que leur résistance augmente ou diminue lorsque la température augmente. Les CTN ont la particularité de voir leur résistance diminuer de façon uniforme quand la température augmente; ce qui en fait une des thermistances les plus utilisés. Les CTN peuvent se trouver sous diverses formes : perles de verre, disques, pastilles, rondelles, puces etc. [1;4]

La relation résistance-température des CTN est la suivante :

$$R = R_0 e^{-BT}$$

Avec R_0 la résistance à 0°C et B un coefficient.

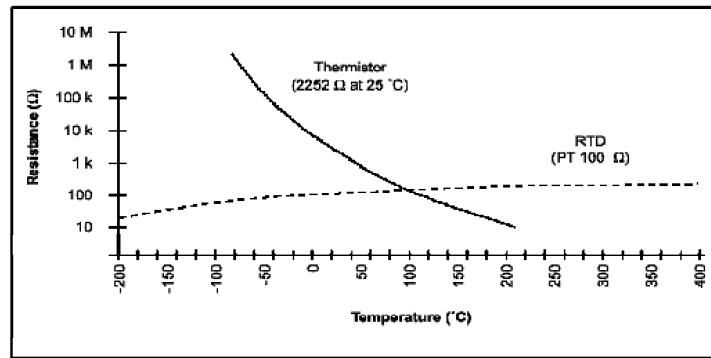


Figure II-5: Résistance en fonction de la température pour une thermistance et un RTD [2]

1.2.3. Avantages et inconvénients :

Bien qu'elles soient moins chères, les thermistances ont un temps de réponse rapide. Malgré ce temps de réponse de l'ordre de la seconde, elles ne peuvent être utilisées que dans une gamme de températures ne dépassant pas 300 °C. Les thermistances ont une sensibilité de mesure très élevée ($\sim 200 \Omega / ^\circ\text{C}$), ce qui les rend très sensibles aux variations de températures et à l'auto-échauffement. Leur non-linéarité peut parfois être un frein à leur utilisation ainsi que leur étendue réduite (de -110 °C à 250 °C) et leur faible interchangeabilité. [4]

1.3. Thermocouples [1;7]

Ils sont des couples de matériaux dont l'effet Seebeck est utilisé pour la mesure de température.

La figure II-6 ci-dessous montre la photo d'un thermocouple de type K.



Figure II-6: Photo d'un thermocouple de type K

1.3.1. Principe de fonctionnement [1;8; 9] :

Les thermocouples sont des capteurs actifs qui délivrent une f.e.m. lorsque ceux-ci sont soumis à une modification de la température. Le principe de fonctionnement est basé sur l'effet Seebeck qui, lorsque deux conducteurs métalliques sont reliés par deux jonctions soumises à des températures différentes, crée une différence de potentiel aux bornes du circuit. La nature des matériaux conducteurs utilisés définit le type du thermocouple. Le principe utilisé nécessite que la température de référence soit connue [4; 9].

La figure II-7 ci-dessous illustre le principe de fonctionnement.

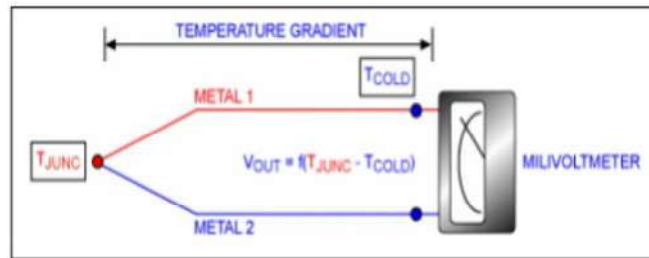


Figure II-7: Schéma du principe de fonctionnement de thermocouple. [1]

1.3.2. Caractéristiques [1] :

Un certain nombre de conducteurs peuvent être associés pour former des thermocouples. Au fil du temps, une sélection de combinaisons s'est imposée formant les gammes de thermocouples utilisés actuellement et identifiés par un symbole [9].

Une des normalisations, la CEI 584.1, est une table de référence de huit (8) produits classés dans deux catégories, ceux à base de métaux précieux, habituellement plus stables et couvrant une plage de mesure plus étendue, et ceux à base de métaux plus communs qui ont par contre une force électromotrice (f.e.m.) plus élevée (Figure II-5). Un type de thermocouple est généralement désigné par une lettre. Parmi les types de thermocouples courants, on peut citer les B, E, J, K, N, R, S et T comme l'indique le tableau II-2 suivant :

Tableau II-2: Tableau synthétique de thermocouples [1]

METAUX COMMUNS					
Symbole	Combinaison	Polarité	Couleur gaine	Couleur Fils	Domaine* de T°C des conducteurs
J	Fe	+	Noir	Noir	-210 / +1200
	Cu-Ni	-		Blanc	
K	Ni-Cr	+	Vert	Vert	-270 / +1370
	Ni-Al	-		Blanc	
T	Cu	+	Marron	Marron	-270 / +400
	Cu-Ni	-		Blanc	
E	Ni-Cr	+	Violet	Violet	-270 / +1000
	Cu-Ni	-		Blanc	
N	Ni-Cr-Si	+	Mauve	Mauve	-270 / +1300
	Ni-Si	-		Blanc	
METAUX PRECIEUX A BASE DE PLATINE					
Symbole	Combinaison	Polarité	Couleur gaine	Couleur Fils	Domaine* de T°C des conducteurs
S	Pt10%Rh	+	Orange	Orange	-50 / +1760
	Pt	-		Blanc	
R	Pt13%Rh	+	Orange	Orange	-50 / +1760
	Pt	-		Blanc	
B	Pt30%Rh	+	Gris	Gris	0 / +1820
	Pt6%Rh	-		Blanc	

(*) Les températures indiquées sont des valeurs de domaine et ne peuvent pas être considérées comme des limites réelles.

La tension délivrée par un thermocouple n'est pas linéaire par rapport à la température. La variation de la f.e.m. des différents types de thermocouple en fonction de la température est présentée dans la figure II-8 ci-dessous.

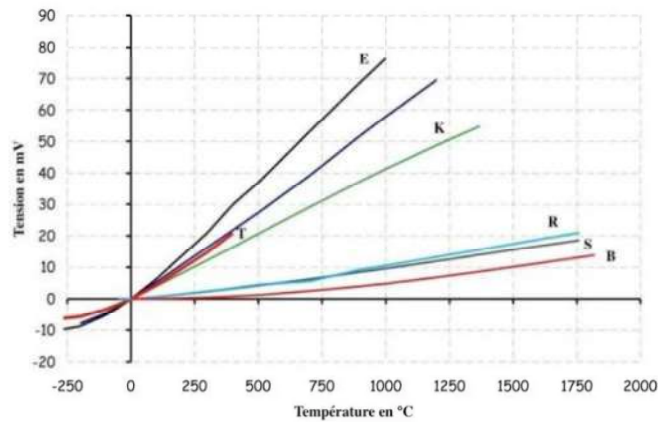


Figure II-8: Variation de la f.e.m. des différents thermocouples en fonction de la température.

1.3.3. Avantages et inconvénients [1] :

Les différents types de thermocouples présentent des avantages et inconvénients en fonction de la combinaison des métaux constitutifs.

Les thermocouples sont les capteurs les plus souvent utilisés pour la mesure de températures, car ils sont relativement peu onéreux, tout en étant précis (une précision de l'ordre de $\pm 0,2\%$) et peuvent fonctionner sur une large gamme de températures (-270°C à 2700°C). Ils sont robustes (résistent aux chocs et aux vibrations) avec un temps de réponse rapide (de l'ordre de la milliseconde). Ils n'exigent pas une alimentation extérieure. Leur non-linéarité peut être un frein à leur utilisation.

2. CAPTEURS DE TEMPERATURE A DISTANCE [1;10] :

La pyrométrie optique est une méthode de mesure de la température basée sur la relation entre la température d'un corps et le rayonnement optique (infrarouge ou visible) que ce corps émet. Les capteurs utilisés sont donc des capteurs optiques, photo-électriques ou thermiques. L'intérêt de la pyrométrie optique est de permettre la détermination d'une température sans contact avec l'objet ; c'est donc une méthode appropriée quand les conditions expérimentales n'autorisent pas l'utilisation de capteurs thermométriques classiques :

- Température très élevée (supérieure à 2000°C)
- Mesures à grande distance .
- Environnement très agressif .
- Pièce en mouvement .
- Localisation des points chauds.

La figure II-9 ci-après présente la photo d'un pyromètre optique.



Figure II-9: d'un pyromètre optique[1;10]

2.1. Principe de fonctionnement :

La pyrométrie optique est une méthode de mesure de la température basée sur la relation entre la température d'un corps et le rayonnement optique (infrarouge ou visible) que ce corps émet. Elle permet la détermination de la température sans contact avec l'objet.

2.2. Caractéristiques :

Les pyromètres optiques peuvent être caractérisés par le fait que l'utilisation des grandeurs spectrales à une longueur d'onde donnée ou sur l'ensemble du spectre visible et infrarouge donne des résultats qui n'ont pas la même signification [11]

Cependant, on distingue :

- le pyromètre monochromatique à disparition de filament ;
- le pyromètre dichromatique ;
- le pyromètre mesurant une énergie.

Ces trois pyromètres ont le même principe de base : un dispositif optique forme l'image de la source à analyser sur un récepteur qui compare ensuite la valeur donnée avec une source de référence.

❖ Pyrométrie monochromatique à disparition de filament :

Un filament de tungstène ayant une longueur d'onde de $\lambda=0,65$ μm sert de référence dans ce montage. L'image de ce filament est superposée à l'image de la source à analyser. Dès qu'on superpose les deux éléments et connaissant le comportement du filament, il sera possible dans déduire la température de la source.

❖ Pyrométrie dichromatique :

Ce pyromètre est un double pyromètre monochromatique qui exploite deux plages voisines du rayonnement thermique centrés sur deux longueurs d'onde voisines de même largeur. Le rapport des signaux délivré par le détecteur ne dépend que de la température de la cible. Il est indépendant de l'émissivité de la cible ce qui est très utile lorsque l'on ne connaît pas l'émissivité de la source.

❖ Pyrométrie mesurant une énergie :

L'ensemble du spectre de rayonnement thermique de la cible (en fait une grande partie) est reçu par un détecteur à large bande, de type thermique. La différence de température entre l'élément thermosensible et la température ambiante est mesurée le plus souvent avec des thermocouples qui fournissent une f.e.m. Un étalonnage en se servant du corps noir permet de relier la f.e.m. aux températures d'un corps noir.

2.3. Avantages et inconvénients :

Les pyromètres ont un avantage indéniable sur les autres capteurs car ils mesurent des températures à distance. En outre, d'autres caractéristiques peuvent être intéressantes à savoir, comme le fait que ces capteurs ont une grande étendue de mesure (400 à 6000°C) ayant aussi une précision allant de 0,5% de la valeur mesurée quand l'on mesure des températures inférieures à 1500°C et à 1% de la valeur mesurée si l'on mesure des températures supérieures à 1500°C. Ces pyromètres ont un temps de réponse très court (environ 10 ms). Les pyromètres sont capables de faire des mesures sur les matériaux à mauvaise conductivité thermique comme le plastique et le bois. Ils permettent également d'effectuer des mesures hygiéniques et sans action mécanique sur la surface à mesurer.

Les inconvénients sont évidemment d'ordre technique avec des performances optiques assez médiocres : diamètre de mesure très large, effet de taille de source très important, bande spectrale de réponse parfois étendue, pouvant inclure un domaine de faible transmission atmosphérique. Ils ne mesurent pas la température des gaz.

Conclusion :

À la fin de ce chapitre, nous avons appris les types de capteurs thermiques, les avantages et les inconvénients de chaque type, ainsi que leurs caractéristiques et principes de fonctionnement.

CHAPITRE 03 :

Utilisation des appareils de mesure de la température au sein de la région HAOUD-BERKAOUI

01. Présentation de l'entreprise SONATRACH

02. Présentation de la région HAOUD-BERKAOUI:

- Introduction
- Situation géographique
- Historique de la Direction Régionale HBK
- Missions de la Direction Régionale de Haoud Berkaoui
- Production de La Direction Régionale HBK
- Organigramme de la Direction Régionale HBK
- Division maintenance

03. Utilisation des appareils de mesure de la température :

- Mesure de température
- Thermomètres utilisant les phénomènes de dilatation
 - o Dilatation d'un solide
 - o Dilatation d'un bilame
 - o Dilatation de liquide
 - o Dilatation de gaz
- Les thermomètres fournissant une grandeur de sortie électrique
 - o Mesure de température par variation de résistance.
 - o Mesure de température par thermocouple

Introduction

Afin d'approfondir les connaissances sur les capteurs thermiques et leurs utilisations dans les usines, nous avons rédigé ce chapitre après avoir effectué un stage de 5 jours dans la zone industrielle de HAOUD BERKOUÏ (HBK) .

1. Présentation de l'entreprise **SONATRACH** [17] :

D'abord Le Mot **SONATRACH** C'est L'abréviation de Quoi ?

SO: Societe **NA**: Nationale **TRA**: Transport **C**: Comerciale **H** : Hydrocarburs

Sonatrach est la compagnie algérienne de recherche, d'exploitation, de transport par canalisation, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leur dérivé. Elle intervient également dans d'autres secteurs tels que la génération électrique, les énergies nouvelles et renouvelables et le dessalement d'eau de mer. Elle exerce ses métiers en Algérie et partout dans le monde où des opportunités se présentent.

Sonatrach est la première entreprise du continent africain. Elle est classée 17ème parmi les compagnies pétrolières mondiales, 2ème exportateur de GNL et de GPL et 3ème exportateur de gaz naturel. Sa production globale (tous produits confondus) est de 230 millions de tep en 2006. Ses activités constituent environ 30% du PNB de l'Algérie. Elle emploie 120 000 personnes dans l'ensemble du groupe.

2. Présentation de la région **HAOUD-BERKAOUI** [17]:

La Direction Régionale HAOUD BERKAOUI fait partie de la Division Production de l'activité Amont de SONATRACH et représente l'une des dix zones principales productrices des hydrocarbures du Sahara algérien. Elle occupe une superficie de 6300 km². Le premier centre de traitement d'huile a été mis en service en 1967 ; aujourd'hui il existe cinq (05) centre de traitement d'huile et une unité de traitement de gaz. Chaque centre de production reçoit du brut, provenant de divers puits, le stabilise, le stocke dans des bacs pour l'expédier vers TRC.

Le gaz récupéré est comprimé et acheminé vers l'usine de traitement de gaz de GUELLALA (GLA) qui en soutire du GPL, du gaz de vente et du gaz-lift [18].

2.1. Situation géographique

Sur la route RN49, reliant Ghardaïa à Hassi Messaoud, à 35 km d'Ouargla, un carrefour indique la présence d'un champ pétrolier : Il s'agit de la Direction Régionale Haoud Berkaoui, située à 770 km au sud d'Alger, à 35 km au nord-ouest d'Ouargla et à 100 km à l'ouest de Hassi Messaoud [18].

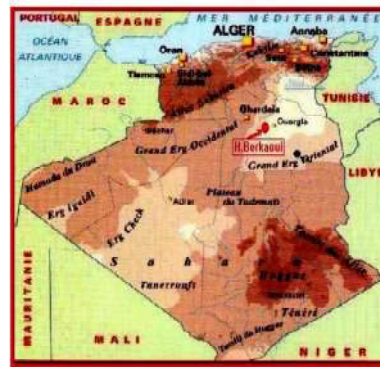


Figure III.1 : Situation géographique de la Direction Régionale HBK.

Elle est constituée essentiellement de trois champs principaux :

- HAUD BERKOUÏ (**HBK**),
- GUELLALA (**GLA**)
- BENKAHLA (**BKH**)

et de plusieurs champs périphériques : BENKAHLA EST, GUELLALA NORD EST, DRAA ETAMRA, HANIET EL MOKTA, BAB EL HATTABAT, SAHANE, N'GOUSSA et MOKH EL KEBCH.

2.1.1. Les principaux champs

a. Champ de HBK [18]: Sur une superficie de 303 Km², le centre de production HBK se compose d'une unité de Séparation d'huile avec une capacité de traitement 7500 m³/j, d'une autonomie de stockage de 18000 m³, d'une pomperie d'expédition se compose de deux électropompes et de deux turbopompes d'une capacité d'expédition 7700 m³/j. D'une unité de boosting gaz de capacité nominale de 1 042 000 Sm³/j, d'une unité de station d'injection d'eau de capacité nominale de 250 m³/h et d'une unité de déshuilage d'une capacité de 100 m³/h

b. Champ de GLA [18]: Sur une superficie de 99 Km², le centre de production se compose : une unité de séparation d'huiles a une capacité de 7500 m³/J ; une unité de stockage de 15000 m³/j, d'une station d'expédition a une capacité de 7200 m³/j ; une unité d'injection d'eau a une capacité de 250 m³/h, une unité de boosting gaz de 765000 Sm³/j ; une unité de déshuilage a une capacité de 60 m³/h [18]. Cette station est également dotée d'une unité de traitement de gaz d'une capacité environ de 2.369 000 Sm³/j, sa capacité de récupération est estimée à 500 T/j de GPL, de 90 T/j pour les condensats, de gaz de vente de 1 236 000 Sm³/j et de 424 000 Sm³/j de gaz lift.

c. Champ de BKH: Sur une superficie de 286 Km², le centre de production de BENKAHLA, est composé : une unité de séparation d'huile avec une capacité de traitement 7000 m³/J, une pomperiez d'expédition se compose de deux électropompes et de motopompe (Secours) d'une capacité d'expédition 3600 m³/j ; une unité de déshuilage d'une capacité de 40 m³/h ; une unité de boosting gaz de capacité nominale 562 000 Sm³/j et d'une unité d'injection d'eau de 250 m³/h [18].

2.2. Historique de la Direction Régionale HBK

La direction régionale de Haoud Berkaoui se trouve dans la commune de rouissait à 25km du chef-lieu de la wilaya de Ouargla, la région a été gérée par Hassi Messaoud de 1965 à 1976 et voici les grandes lignes de son historique. En 1976 la région Haoud Berkaoui est devenue autonome.

La découverte des champs périphériques s'étend entre 1963 et 1984 En espace de 30 ans la région s'est développée considérablement grâce aux différentes découvertes et investissements dont les plus importants, sont les suivantes :

- **1963** : Découvert du champ Ouargla par le sondage OAI.
- **1965** : Découvert du champ Haoud Berkaoui par le sondage OK101.
- **1966** : Découvert du champ Benkehla par le sondage OKP24.
- **1967** : Mise en route du centre de traitement d'huile de Berkaoui, qui se compose de deux batteries de séparation, 3 bar de stockage et 2 motopompe d'expédition et revoit la production de 1° puis de la région <<OK101>>.

- **1969** : Découvert du champ Guellala par le sondage GLA02.
- **1970** : Extension du centre Berkaoui pour recevoir la production de Benkahla.
- **1971** : Mise en service du centre de production de Benkahla.
- **1972** : Découvert du champ de Guellala NORD-EST par le sondage GLANE01.
- **1976** : Mise en service du centre de production de Guellala.
- **1976** : Création de la région Haoud Berkaoui.
- **1978** : Mise en service du centre de production de Guellala-Est.
- **1979** : Mise en service du centre de production de Draa Tamra (champ périphérique).
- **1981** : Démarrage d'injection d'eau pilot à Berkaoui et Benkahla ;
- **1984** : Extension du centre de Benkahla .
- **1985** : Démarrage de l'unité de traitement des gaz associés du secteur de Oued Noumer.
- **1986** : Extension du centre de production de Guellala Nord-Est.
- **1989** : Passation des consignes entre les région HBK et hassi R'mel.
- **1992** : Mise en route de l'unité de traitement des gaz torchés situé à Guellala et trois stations de boosting situées respectivement à HBK, Benkahla, et Guellala
- **1993** : Mise en service des nouvelles d'injection d'eau
- **1995** : Mise en services de nouvelle station d'injection d'eau
- **1996** : Mise en service de nouvelle station unité de dessalage ou centre de Berkaoui.
- **1999** : Découverte du champ de BKHE Par le sondage de BKHE.
- **2001** : Mise en service d'une station de traitement des eaux domestiques.
- **2004** : Déplacement des manifolds production et tests vers l'extérieur du centre de production de GLA. Remplacement des pompes d'expédition du centre de production de BKH et du centre de production de GLA-NE.
- **2005** : Lancement du projet « démolition du bac R01 » et construction de 3 nouveaux bacs (5000m cube) : deux à GLA et un à HBK.
- **2006** : Triennale de l'unité de traitement du gaz de GLA, installation de postes blindés de 60 KV à BKH et GLA. Lancement du projet tableau de bord XP.
- **2007** : Extension du projet de récupération du gaz associé.
- **2008** : Démarrage du projet de récupération des gaz associés (RGA).
- **2010** : Découverte de la zone de BENKAHLA-Sud.

2.3. Missions de la Direction Régionale de Haoud Berkaoui:

la Direction Régionale de Haoud Berkaoui a pour missions essentielles :

- La Réalisation et le suivi des programmes de production et d'expédition dans le cadre des programmes de principe, établis par la Division PED.
- La Conduite des opérations de production conformément aux règles et consignes de sécurité.
- La Valorisation et l'optimisation du développement des gisements et des installations de surface.
- La Réalisation des travaux de développement et la prestation de toute assistance nécessaire afin d'obtenir la mise en production rapide des puits et installations de surface.

- La Préparation et la supervision de la réalisation des complétions, work-over et la réalisation des interventions aux puits.
- L'Engineering et la réalisation des travaux neufs de la Direction Régionale,
- L'Entretien préventif et la protection des installations de la Direction Régionale,
- L'Approvisionnement et le stockage en temps voulu et au coût optimal du matériel nécessaire aux opérations.
- La Gestion et l'entretien du parc véhicules, camions et engins.
- La Réalisation des opérations comptables et financières relatives aux activités de la Direction Régionale.
- L'Elaboration et le suivi des budgets de la Direction Régionale.
- La Gestion administrative du personnel et les prestations d'hébergement, de restauration et de transport.

2.4. Production de La Direction Régionale HBK

La région HAUD BERKAOUI produit du pétrole par déplétion naturelle (l'énergie interne du gisement qui pousse le brut vers la surface sous l'effet de pression). Pour le maintien de pression on a une injection d'eau dans les trois secteurs HBK, BKH et GLA. Pour les puits faibles, la production est assurée par gaz-lift.

2.5. Organigramme de la Direction Régionale HBK

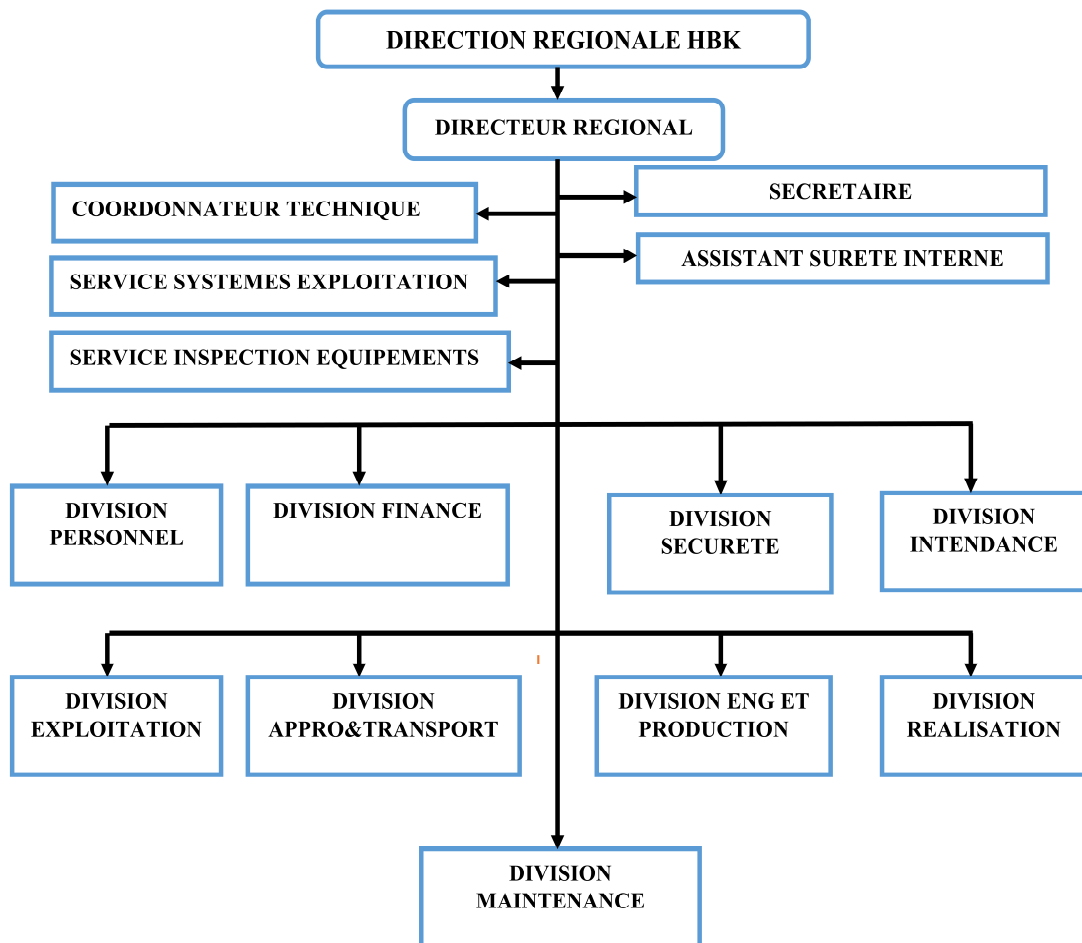


Figure III.2 : Organigramme de la direction régionale de HBK [19].

2.6.Division maintenance :

Cette division a pour objet de maintenir les équipements pétroliers, les machines, les instruments des centres de production et de suivre de près les installations se rattachant à ses perspectives. Elle a aussi pour but d'intervenir de façon journalière en cas de pannes suivant un programme d'entretien et de révision.

La division maintenance, où on est encadré durant notre stage, est divisée en cinq services qui sont :

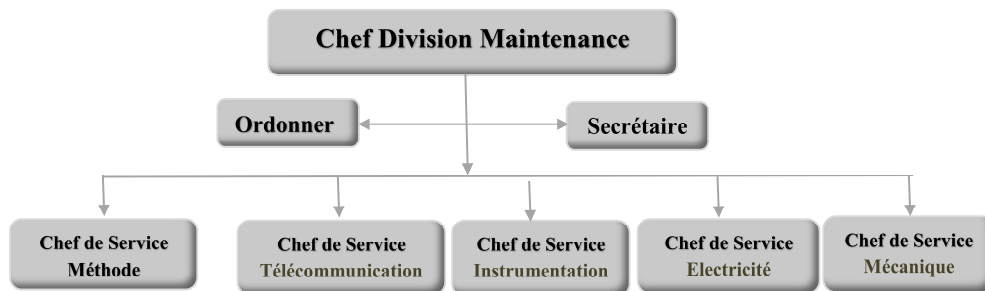


Figure III.3 : Organigramme de la division Maintenance [19].

Service méthodes : Service méthodes assure la préparation et lancement des travaux, la préconisation des pièces et l'outillage spécifique, Élabore un planning de révision curative et périodique de toutes les machines et les unités en collaboration avec les fabricants.

Service mécanique industrielle : Service mécanique industrielle intervient soit préventive ou curative dans les différents champs de la région HBK, elle assure la maintenance des pompes, des compresseurs, des turbines et les équipements statistique (échangeurs, filtre, séparateurs,...).

Service instrumentation : Ce service est chargé de la maintenance des instruments pneumatiques et électroniques ainsi que les équipements de régulation tels que les vannes, les régulateurs, les transmetteurs, les capteurs, ...etc. Il intervient aussi dans la réparation des équipements des différents centres.

Les principaux travaux de ce service sont :

- Nettoyage, vérification et contrôle des instruments de régulation (pneumatique et électronique).
- Contrôle des points de consignes.
- Vérification de la pression d'air instrument à l'entrée de chaque appareil.
- Etalonnage des instruments.
- Contrôle et vérification des systèmes anti-incendie.

Service électricité : Le service électricité a pour gérer l'énergie électrique de la région de Haoud Berkaoui qui est assurée par un réseau de transport HT composé par deux lignes 60KV à partir de sonelgaz. Entretien et maintenir les installations électriques, les différents moteurs électriques qui sont entraînés des pompes et les compresseurs,... et la partie génératrice des groupes électrogènes.

Service télécommunication : Le service télécommunication chargé du suivi et maintenir les installations et les appareils de télécommunication, le réseau de parabole, et le réseau internet...

3. Utilisation des appareils de mesure de la température :

3.1. Mesure de température [20]

Les mesures de températures peuvent se faire par contact ou sans contact. La température traduit l'énergie d'agitation des molécules. L'information fournie par l'appareil de mesure est le plus souvent donnée en degré Celsius, bien que d'autres échelles de mesure sont disponibles. La température est déterminée à partir d'un phénomène physique représentatif des variations de température à mesurer :

- Dilatation d'un corps : thermomètre à alcool, à gaz, ou à bilame (dilatation d'un solide)
- Variation d'une grandeur électrique : thermomètre à résistance (thermorésistante), thermistance CNT (coefficient thermique négatif) ou CTP, couples thermoélectriques avec apparition d'une fem (force électromotrice) suivant l'effet de Seebeck.
- Emission d'un rayonnement : pyromètres optiques.

Un phénomène physique est d'autant plus intéressant à utiliser qu'il est :

- Fidèle
- Fonction de la température
- Sensible

Mais il faut également, que la plage de mesure soit maximale et qu'à une valeur de la température corresponde une seule valeur de la grandeur et réciproquement.

On appelle coefficient thermométrique, le coefficient K tel que :

$$X = X_0(1 + K \varphi)$$

Où X est la grandeur thermométrique qui permet de suivre l'évolution de la température et φ la température à mesurer.

Un fois le choix de la technique de mesure, le thermomètre doit répondre aux critères suivants pour permettre une mesure efficace :

- sensibilité suffisante
- masse de l'élément sensible très faible par rapport à celle de l'objet étudié, sinon le thermomètre change sensiblement la température à mesurer
- temps de réponse court par rapport au temps de variation de la température à mesurer

Différents types de thermomètres sont disponibles et installés dans les installations industrielles. Les mesures de température reposent le plus souvent soit sur les phénomènes de dilation thermique, soit sur la variation d'une grandeur électrique tension ou d'une résistance suivant le type d'appareil.

3.2. Thermomètres utilisant les phénomènes de dilatation [20]

a. Dilatation d'un solide :

Sous l'effet d'une élévation de température, une tige d'un matériau quelconque s'allonge comme le montre le schéma ci-dessous

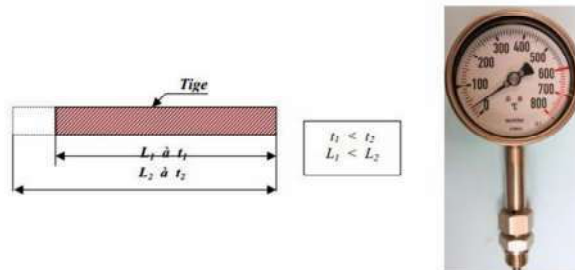


Figure III.4: Thermomètre à dilatation d'un solide [20]

Le passage de la tige de la température t_1 à t_2 provoque son allongement. Ainsi, sa longueur passe de L_1 à L_2 . Ce phénomène est appelé dilatation. Cette augmentation de longueur est d'autant plus importante que.

- L'augmentation de température Δt est grande.
- Le coefficient de dilatation linéaire K est grand.

Le coefficient de dilatation linéaire K représente l'allongement en millimètre d'une tige de un mètre (1 m) sous l'effet d'une élévation de température de 1 °C Le tableau ci-dessous donne pour quelques matériaux le coefficient de dilatation linéaire K

Le tableau ci-dessous donne pour quelques matériaux le coefficient de dilatation linéaire K

Tableau III.1: le coefficient de dilatation linéaire K pour quelques matériaux [20]

Matériaux	K en mm / m.°C
Acier	0.012
Cuivre	0.017
Aluminium	0.022
Plomb ou Zinc	0.029
P.V.C	0.080
Polyéthylène	0.210

La relation ci-dessous permet de déterminer la variation de longueur d'une tige en fonction de la variation de température qu'elle subit : $\Delta L = K. L. \Delta T$

Avec : ΔL = Allongement en mm

L = Longueur initiale de la tige en m

ΔT = Différence de température en °C

K = coefficient de dilatation linéaire en mm / mC

b. Dilatation d'un bilame :

Sur ce type de thermomètre, l'élément de mesure est une lame composée de deux métaux aux coefficients de dilatation différents et laminés de façon inséparable pour former un bilame. Sous l'influence d'une augmentation de température, les deux métaux se dilatent différemment et le bilame s'incurve du côté du métal le plus faible coefficient de dilution, comme le montre le schéma ci-dessous.

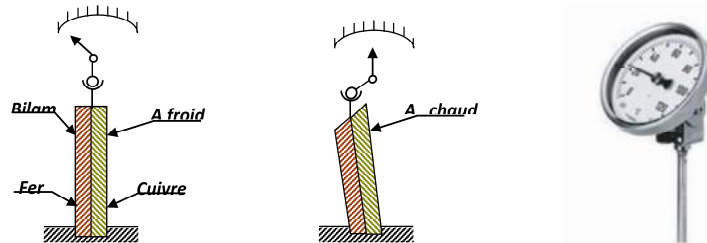


Figure III.5: Thermomètre à dilatation d'un bilame. [20]

c. Dilatation de liquide

Sous l'effet d'une augmentation de température, le volume d'un liquide quelconque augmente comme le montre le schéma ci-dessous.

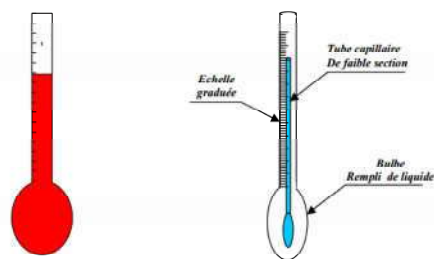


Figure III.6: Thermomètre à dilatation liquide.

Un thermomètre à dilatation de liquide est constitué:

- D'un bulbe contenant le liquide dont on mesure les variations de volume en fonction de l'augmentation de la température.
- D'un capillaire calibré de petite section
- D'une échelle graduée

d. Dilatation de gaz

Ce sont des thermomètres remplis d'un gaz pur emprisonné dans une enceinte fermée. Sous l'effet d'une augmentation de température, ce qui provoque une augmentation de pression proportionnelle à la variation de température. Les gaz les plus souvent employés sont l'hélium et l'azote. Les étendues de mesure de ces thermomètres varient de 100 à 400 °C. Ce sont des thermomètres qui sont rarement employés dans l'industrie.



Figure: III.7 Thermomètre à Dilatation de gaz

3.3. Les thermomètres fournissant une grandeur de sortie électrique

(Capteurs de température à principe de mesure électrique) :

Ces capteurs regroupent essentiellement les sondes à résistance de type Pt100 et les thermocouples.

Dans **le premier** cas, la mesure repose sur la variation de la résistance électrique d'un conducteur le plus souvent en platine, dans **le second** cas sur l'apparition d'une tension (lem) entre deux conducteurs de nature différente.

a. Mesure de température par variation de résistance:

Deux grandes familles de capteurs peuvent être rencontrées :

- Les capteurs de températures à résistances (**themorésistances**) : Par nature un conducteur électrique voit sa résistance varier avec la température. L'élément de mesure est ici constitué d'une résistance métallique en platine, cuivre, ou nickel.
- Les capteurs de type **thermistance** : la sonde est alors constituée d'un composant électronique à base de semi-conducteur.

Les capteurs à base de résistance électrique métallique sont beaucoup plus souvent rencontrés dans l'industrie que les thermistances.

La sonde de mesure de température est constituée d'un filament déposé ou noyé dans un support isolant afin qu'elle soit protégée des contraintes mécaniques et d'un environnement plus moins ou corrosif qui pourrait altérer la résistance de la sonde et venir modifier le mesure retransmise.



Figure III.8: Exemples de résistances de platine

Sur une faible plage de variation de température, la valeur de la résistance évolue suivant une fonction linéaire du type :

$$R = R_0(1 + \alpha (T - T_0))$$

Avec : R_0 : Résistance de référence prise à la température T_0

α : Coefficient de résistivité de la sonde avec la température

La résistance que présente un conducteur électrique vis à vis d'un courant électrique est fonction de la température. En effet, sous l'influence d'une augmentation de température la longueur du conducteur augmente, ce qui conduit à une augmentation de sa résistance. Si le rapport est prévisible, régulier et stable, ce phénomène peut être utilisé comme moyen de mesure d'une température.

En général, les sondes sont faites à base de platine et sont appelées Pt 100 (Ces sondes appelées PT 100 présentent une résistance de 100 Ω à zéro degré Celsius.). Le platine présente une meilleure linéarité, que les autres métaux, sur les plages habituelles de mesures (-200 à 700°C). Dans le cas une Pt 100, la relation définie au-dessus devient.

$$R = 100(1 + \alpha T)$$

Les variations de résistances en fonction de la température sont le plus souvent disponibles dans des recueils de données sous forme de tableau

Afin de prendre en compte les résistances de lignes entre la sonde et le convertisseur de température, les thermorésistances peuvent être raccordées avec 3 ou 4 fils suivant le niveau de précision de la mesure recherché.

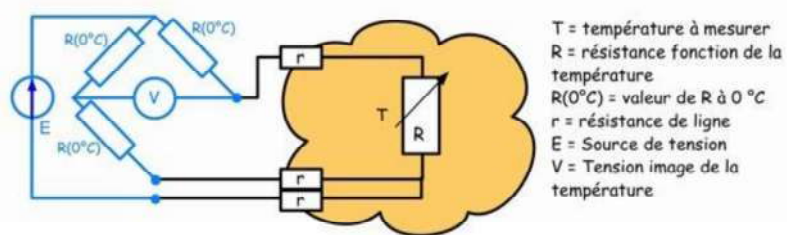


Figure III.9: Exemples d un montage 3 ou 4 fils

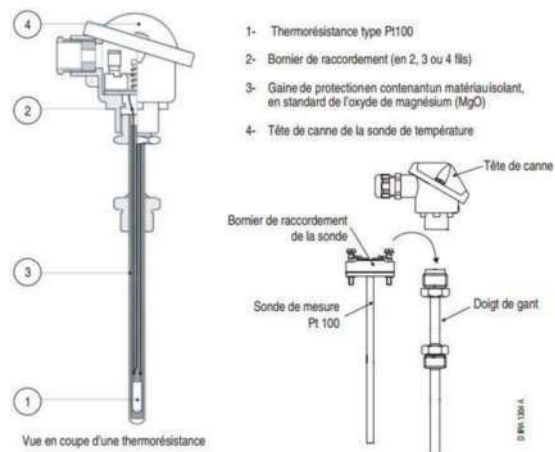


Figure III.10: Thermorésistance [20]

b. Mesure de température par thermocouple

Les sondes de température les plus répandues dans l'industrie sont les thermocouples. Un thermocouple se présente sous la forme de deux fils conducteurs a et b constitués de métaux ou d'alliages de métaux différents qui forment un circuit fermé par soudage des deux extrémités. La tension mesurée est en relation directe avec la différence de température des deux soudures.

Le phénomène de thermoélectricité est le résultat simultané du flux de chaleur et d'électricité au niveau de la soudure.

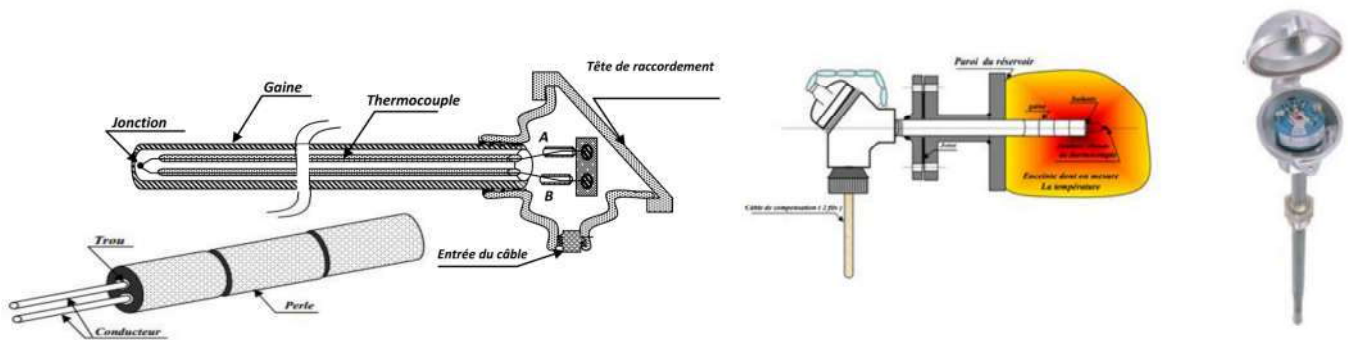


Figure III.11: le principe de montage d'un thermocouple. [20]

c. Transmetteur de température

Le transmetteur de température a pour rôle de transformer un signal d'entrée de bas niveau, issu d'un capteur thermoélectrique, en un signal standard, 4-20mA.

En convertissant le signal délivré par le capteur en un signal exprimé en courant ou en tension, le transmetteur assure une protection contre les bruits (erreurs dues au captage de signaux parasites extérieurs) et autorise une transmission à longue distance avec une meilleure précision. De plus, associés aux thermocouples, les transmetteurs de température peuvent permettre d'éviter l'utilisation de câbles de compensation onéreux.



Figure III.12: Le transmetteur de température [20]

Conclusion :

Enfin, dans ce chapitre, nous avons discuté des utilisations des appareils de mesure de la température au sein de la région HAOUUD-BERKAOUI

Conclusions générales

Il est possible de mesurer la température de plusieurs façons différentes qui se distinguent par le cout des équipements et par la précision qu'elles procurent.

Le présent projet interne a eu pour objectif de répondre à la question, « comment les capteurs interviennent-ils dans le processus de mesurage des températures ? ».

Pour conclure, on commencera par l'analyse des différents points qui ont guidés ce travail.

Pour le premier point, la notion de température et de capteur, nous avons défini d'abord la notion de température ainsi que celle de capteur avec son mode de fonctionnement.

En ce qui concerne les différentes technologies de capteurs de température, nous avons identifié deux catégories à savoir, les capteurs de température à contact et ceux à distance. Dans chaque catégorie, les types de capteurs de température ont été définis avec leurs principes de fonctionnement, les caractéristiques ainsi que leurs avantages et inconvénients.

Quant à l'utilisation des appareils de mesure de la température ,nous avons eu l'opportunité de travaillé dans la région HAOUD-BERKAOUI et ses centres de production, ou nous avons pu intervenir sur les appareils de mesure de la température ce que Notre permis de comprendre leurs principes de fonctionnement. Cette formation notre permis d'enrichir nos connaissances afin de pouvoir les exploitées au futur

Les références

- [1] *Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de MASTER Thème :Etude de la distribution de la température issue d'un capteur thermique corporel Réalisé par: ABED Latifa GHOMARI Hayet Encadré par Dr. REZKI Mohamed Année : 2017/ 2018 Université Akli Mohand Oulhadj BOUIRA page1*
- [2]*COURS DE MESURE ET INSTRUMENTATION Leila GHARBI ERNEZ Février 2005 École Nationale d'Ingénieurs de Tunis page10 a 14*
- [3] *POLYCOPIE Mesure et Instrumentation Présenté par : REFFAS Sid Ahmed Université des Sciences et de La Technologie MOHAMED BOUDIAF D'ORAN Faculté De Génie Mécanique Département de Génie Mécanique page46(Mesures de températures, 2006-2007.)*
- [4] *Mesure de température par contact page 4-6*
- [5] *Capteurs Conditionnement Des Signaux Conditionnement Des Signaux ,Instrumentation Industrielle Module Capteur Licence Pro Présenté Par: Annecca Gaëtan Responsable Regulation Papèteries De Clairefontaine Page17*
- [6] *Projet Interne sur Capteurs de Temperature: Technologie, Procedure d'etalonnage et Estimation des Incertitudes, Présenté par : CHIGBLO Arnaud, COULIBALY Bakary & SENE Sérigne Fallou, Institut National Polytechnique , Encadreur Pédagogique Prof. KOFFI Ekoun Paul Magloire ,Année académique : 2016-2017*
- [7] *Séance 2 : Apport de connaissances sur les capteurs de température (roposition d'une séquence pédagogique BTS SN Option EC)10/10/2014 page(1;2)*
- [8] *Instrumentation CIRA Cours Mesures de températures 2006-2007 page13*
- [9] *Gwenaëlle Toulminet , les capteurs de température, 2002-2003, Page18*
- [10] *GIRARDOT J-P. Capteurs et instrumentation utilises en océanographie physique, 6 avenue Le Gorgeu - 29285 BREST CEDEX. 90p*
- [11] *Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de MASTER Thème :Etude de la distribution dela température issue d'un capteur thermique corporel Réalisé par: ABED Latifa GHOMARI Hayet Encadrépar Dr. REZKI Mohamed Année : 2017/ 2018 Université Akli Mohand Oulhadj BOUIRA page5*

- [12] *COURS DE Mesure et instrumentation Enseignant : REFFAS Sid Ahmed Université des sciences et de la technologie d'Oran - Mohamed-Boudiaf Département G. Mécanique. P. 46*
- [13] *3eme Année Licence Electromécanique Matière : Capteurs et conditionneurs Chapitre 2 : Capteurs de température I. HAFSAOUI, page5.*
- [14] *Thermatec Process Control. Généralités sur la mesure de température. 18p*
- [15] *POLYCOPIE Mesure et Instrumentation Université des Sciences et de La Technologie MOHAMED BOUDIAF D'ORAN Faculté De Génie Mécanique Département de Génie Mécanique Présenté par : REFFAS Sid Ahmed Année universitaire 2017page54*
- [16] *Fabian R. Pyromètres optiques : Mesure température sans contact. 2009. 11p.*
- [17] *Djilali Larbi, Etat Démonstrative Du Système Dcs- Abb, Memoire De Fin De Formation De La Mise En Situation Professionnelle, Octobre 2015.*
- [18] *Rapport DNV Energy. Etudes « Risk Assessment » Des Unités Industrielles de la Division Production HBK.*
- [19] **SIHAOUI M.** *La Compagnie Nationale de Recherche, d'Exploitation, de Transport par Canalisation, de Transformation et de Commercialisation des Hydrocarbures et de leur Dérivés. Activité Amont Division Production Direction Régionale HAOUD BERKAOUI.*
- [20] *MAZOUZI Rachid, Procédures d'étalonnage d'un transmetteur de niveau à pression différentielle, Rapport de fin formation MSP Pour l'obtention du diplôme de technicien spécialisé en Instrumentation, Institut algérien de pétrole 2017.*