

N° OrdreDépartement/Faculté/UMBB/2022

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA – BOUMERDES



Faculté de Technologie

Département Ingénierie des Systèmes Electriques

Mémoire de Master

Présenté par :

ZINET SOFIANE & DJERRA RAMI

Filière : Génie Electrique

Spécialité : Electroniques des systèmes embarqués

**Surveillance des vibrations et de la température au niveau de la ligne d'arbre
D'une turbine à vapeur à base d'Arduino**

Soutenu 2022 devant le jury :

Mr : RAHMOUNE Fayçal	Professeur	UMBB	Président
Mm : HAROUN Radia	MAA	UMBB	Examineur
Mm : DICHOU Karima	MCB	UMBB	Encadreur
Mr : GAHAR Mohamed	ingénieur	SPE SONALGAZ	Co-Encadreur

Année Universitaire : 2021/2022

Dédicace

Je présente cette recherche à tout étudiant en sciences qui cherche à acquérir des connaissances et à apporter son équilibre de connaissances scientifiques et culturelles.

À celle qui m'a soutenu dans ses prières et supplications..... À qui j'ai veillé des nuits qui illuminent mon chemin.

À qui partagez-vous mes joies et mes peines..... À la source de la bonté et de la tendresse, au plus beau sourire de ma vie, à la femme la plus merveilleuse qui existe : ma chère maman.

À ceux qui m'ont appris que le monde est un combat..... Et son arme est la science et la connaissance.

À celui qui ne m'a rien épargné..... À ceux qui ont cherché mon confort et mon succès auprès du plus grand et du plus cher homme de l'univers : mon cher père.

À ceux qui ont reçu un don de la prédestination sont des frères, ils connaissent donc le sens de la fraternité.

J'offre un cadeau spécial aux copains de la famille à tous mes camarades de classe. Je vais faire ce travail au professeur superviseur et le remercier pour toute l'aide et à tous ceux qui m'ont aidé à mener à bien cette recherche.

À tous, je dédie cette humble recherche

DJERRA RAMI

Dédicace

Je présente cette recherche à tout étudiant en sciences qui cherche à acquérir des connaissances et à apporter son équilibre de connaissances scientifiques et culturelles.

À celle qui m'a soutenu dans ses prières et supplications..... À qui j'ai veillé des nuits qui illuminent mon chemin.

À qui partagez-vous mes joies et mes peines..... À la source de la bonté et de la tendresse, au plus beau sourire de ma vie, à la femme la plus merveilleuse qui existe : ma chère maman.

À ceux qui m'ont appris que le monde est un combat..... Et son arme est la science et la connaissance.

À celui qui ne m'a rien épargné..... À ceux qui ont cherché mon confort et mon succès auprès du plus grand et du plus cher homme de l'univers : mon cher père.

À ceux qui ont reçu un don de la prédestination sont des frères, ils connaissent donc le sens de la fraternité.

J'offre un cadeau spécial aux copains de la famille à tous mes camarades de classe. Je vais faire ce travail au professeur superviseur et le remercier pour toute l'aide et à tous ceux qui m'ont aidé à mener à bien cette recherche.

À tous, je dédie cette humble recherche

ZINET SOFIANE

Remerciements

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين سيدنا محمد وعلى آله وصحبه ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين.

Et après.

Je remercie Dieu Tout-Puissant pour Sa générosité car Il m'a permis d'accomplir ce travail par Sa grâce, à Lui soit la louange avant tout.

Ensuite, je remercie les bonnes personnes qui m'ont aidé pendant cette période, au premier rang desquelles mon professeur qui encadre la thèse, Son Eminence Prof. Dr Dichou Karima Celui qui n'a ménagé aucun effort pour m'aider, il m'a ouvert sa maison, comme c'est son habitude avec tous les étudiants en science, et j'avais l'habitude de m'asseoir avec lui pendant de longues heures à lui lire et il n'a trouvé aucune gêne à cela, et il m'exhortait à chercher, et il m'a désiré en cela, et a renforcé ma résolution envers lui, donc il a la récompense de Dieu et de moi toute l'appréciation, que Dieu le préserve, jouisse de la santé et du bien-être, et bénéficie de sa connaissance.

DJERRA RAMI & ZINET SOFIANE

Résumé

الخلاصة :

على مستوى التوربينات البخارية هناك العديد من أجهزة الاستشعار. هذه ترسل رسائل (عادية أو تنبيهية) إلى غرفة التحكم
يضطّر المهندسون إلى المرور عبر هذه الغرفة لرؤية الرسائل وعندما يكون هناك حالة شاذة، يتفاعل المهندسون يدويًا
في بعض الأحيان لا يتواجد المهندسون في الغرفة مما يمنعهم من رؤية التنبيهات والتفاعل في وقت متأخر
الهدف من هذه الرسالة هو تصميم نظام يجعل من الممكن استرداد البيانات من أجهزة الاستشعار وعرضها على تطبيق
أندرويد موجود على الجهاز اللوحي أو الهاتف المحمول. سيمكن النظام أيضًا من الاستجابة تلقائيًا عند وجود شذوذ من
أجل حل المشكلة
سيتمتع تطبيقنا على 2 مستشعرات: مستشعر درجة الحرارة ومستشعر الاهتزاز.
من أجل مراقبة درجة الحرارة للتوربين البخاري ومراقبة الاهتزازات لخط عمود التوربينات البخارية لمحطة توليد الطاقة
الجديدة.

الكلمات المفتاحية :

ANROID، مستشعر درجة الحرارة ، مستشعر الاهتزاز ، ARDUINO

Résumé :

Au niveau des turbines à vapeur on trouve plusieurs capteurs. Ces derniers envoient des messages (normal ou alerte) vers la salle de commande.

Les ingénieurs sont obligé de passer par cette salle pour voir les messages et lorsque il y'a une anomalie, les ingénieurs réagissent manuellement.

Parfois les ingénieurs ne sont pas présent dans la salle ce qui les empêche de voir les alertes et de réagir tardivement.

L'objectif de ce mémoire est de concevoir un système permettant de récupérer les données des capteurs et de les afficher sur une application androïde présente au niveau de la tablette ou d'un téléphone portable plus. Le système permettra également de réagir automatiquement lors de la présence d'une anomalie pour régler le problème.

Notre application se basera que sur 2 capteurs: capteur de température et capteur vibration.

Pour la surveillance de la température et la surveillance des vibrations pour la ligne d'arbre de la turbine à vapeur de la nouvelle centrale électrique à cycle combiné.

Mots clés: ARDUINO, capteur de température, capteur de vibration, ANROID,

Abstract:

At the level of vapor turbines there are several sensors. These send messages (normal or alert) to the control room.

The engineers are forced to go through this room to see the messages and when there is an anomaly, the engineers react manually.

Sometimes the engineers are not present in the room which prevents them from seeing the alerts and reacting late.

The objective of this thesis is to design a system making it possible to retrieve data from the sensors and display them on an android application present on the tablet or mobile phone. The system will also make it possible to react automatically when an anomaly is present in order to resolve the problem.

Our application will be based on 2 sensors: temperature sensor and vibration sensor. For steam turbine temperature monitoring and vibration monitoring for steam turbine shaft line of new ras-djinet combined.

Keywords: ARDUINO, temperature sensor, vibration sensor, ANROIDE,

Sommaire

SOMMAIRE

Dédicace.....	
Remerciement.....	
Résumé.....	
Sommaire.....	
Liste des figures	
Liste des tableaux.....	
Liste des abréviations.....	
INTRODUCTION GENERALE.....	01
CHAPITRE 1 : Présentation l'organisme d'accueil.	
1.1. Introduction	02
1.2. Production d'électricité.....	03
1.3. Principe de fonctionnement des centrales.....	03
1.4. Historique du cycle combiné.....	04
1.5. Présentation de la centrale thermique CAB-DJINET.....	05
1.5.1 Situation géographique.....	05
1.5.2 Historique.....	06
1.5.3 Etape de réalisation.....	08
1.5.4 Plan de masse.....	08
1.6 Organigramme d'organisation de centrale thermique de CAB-DJINET.....	09
1.7 Différents bloc de la centrale électrique.....	09
1.8 Description.....	10
1.9 Plan de situation.....	11
1.10 Caractéristique technique de la centrale.....	11
1.10.1 Générateur à vapeur.....	11
1.10.1.1 Définition.....	11
1.10.1.2 Constitution.....	12
1.10.1.3 Caractéristique.....	13
1.10.2 la turbine.....	13

1.10.2.1 Turbine à vapeur.....	14
1.10.2.2 Turbine à gaz.....	14
1.10.3 Poste d'eau.....	15
1.10.3.1 Constitution.....	15
1.11 Les soutirages.....	16
1.12 Alternateur.....	16
1.13 Transformateur.....	17
1.14 Combustibles.....	17
1.15 Système de surveillance, d'alarme et d'analyse.....	18
1.16 Salle de commande Centralisé.....	18
1.17 Auxiliaires communs aux quatre tranches.....	19
1.17.1 Une station de production d'hydrogène.....	19
1.17.2 Poste gaz.....	19
1.17.3 Postes fuel.....	19
1.17.4 La station de pompage.....	19
1.17.5 Station de dessalement.....	19
1.17.6 Station électro chloration.....	19
1.17.7 Station de déminéralisation.....	19
1.18 Ejecteur à jet de vapeur.....	19
1.19 Conclusion.....	20

CHAPITRE 2 : Principe de fonctionnement de la centrale électrique

2.1 Introduction.....	21
2.2 Centrale à cycle combiné.....	21
2.3 Principe de fonctionnement d'un tranché de production.....	22
2.4 Fonctionnement centrale électrique (cycle Rankine).....	23
2.5 Qu'est-ce qu'un cycle combiné.....	24
2.5.1 Principe de fonctionnement (cycle brayton).....	25
2.6 Différents types de cycles de centrale.....	25
2.6.1 Cycle Brayton.....	25
2.6.2 Cycle de Rankine.....	25
2.7 La Turbine à Combustion (TAC)	26
2.8 La production de la vapeur industrielle.....	26

2.9 Différents composants de cycle combiné.....	26
2.9.1 Chaudière de récupération HRSG.....	26
2.9.1.1 Les principaux composants du générateur de vapeur à récupération De chaleur.....	27
2.9.2. Condenseur.....	28
2.9.3 Turbine à gaz.....	29
2.9.3.1 Les éléments d'une turbine à gaz.....	29
2.9.3.2 Combustibles des turbines à gaz.....	29
2.9.3.3 Principe de fonctionnement.....	30
2.9.4 Turbine à vapeur.....	30
2.9.4.1 Fonctionnement de la turbine à vapeur.....	30
2.9.4.2 Description de la turbine à vapeur	31
2.9.4.3 Aubage et grilles d'aubes.....	31
2.9.4.4 Profils d'aubes.....	32
2.9.5 Le cycle de Rankine.....	32
2.10 Configurations des capteurs dans la turbine à vapeur de l'unité 70...	34
2.11 Conclusion.....	36

CHAPITRE 3 : Description la partie matérielle et logicielle.

3.1 Introduction.....	37
3.2 Présentation d'arduino.....	37
3.2.1 Applications.....	37
3.2.2 Bonnes raisons de choisir Arduino.....	38
3.2.3 Outils Arduino.....	38
3.2.4 Types de cartes.....	39
3.2.5 La carte UNO.....	39
3.2.6 Caractéristiques de l'Arduino UNO.....	40
3.2.7 Description générale de l'Arduino UNO.....	40
3.3 Capteurs.....	42
3.3.1 Les type des capteurs.....	43
3.3.2 Les Caractéristique d'un capteur.....	43
3.3.1.1 Capteur de température LM35DZ.....	43

3.3.1.2 Caractéristique.....	44
3.3.2.1 Capteur de vibration.....	44
3.3.2.2 Présentation du produit.....	45
3.3.2.3 Paramètres du produit.....	45
3.4 Le NodeMCU ESP8266.....	45
3.4.1 Brochage du NodeMCU ESP8266.....	46
3.4.2 Caractéristiques.....	47
3.4.3 Mise sous tension du module.....	48
3.4.4 La mémoire.....	48
3.4.5 Programmation	49
3.4.6 Conclusion sur le NodeMCU ESP8266	49
3.5 Afficheur à cristaux liquides.....	49
3.5.1 Connexion de l’afficheur sur la carte.....	50
3.6 ALARME.....	52
3.6.1 Buzzer.....	52
3.6.2 Broches du Buzzer.....	52
3.7 Présentation du logiciel ARDUINO IDE.....	53
3.8 Présentation du RemoteXY.....	54
3.9 Plateforme TINKERCAD.....	56
3.10 ETUDE ECONOMIQUE.....	60
3.11 CONCLUSION.....	60

CHAPITRE 4 : Simulation et Réalisation.

4.1 INTRODUCTION.....	61
4.2 DESCRIPTION DU SYSTEME A CONCEVOIR.....	61
4.3. ORGANIGRAMME DE NOTRE NOUVEAU SYSTEME.....	62
4.4 Composants.....	64
4.4.1 Matériel de réalisation.....	64
4.4.2 Piloter un écran LCD 16*2.....	64
4.4.2.1 Simulation l’afficheur LCD 16*2.....	64

4.4.2.2 Réalisation du l'afficheur LCD16*2.....	66
4.4.3 capter la température et afficher sur LCD.....	66
4.4.3.1 Simulation du capteur de température.....	67
4.4.3.2 Réalisation du capteur de la température LM35.....	69
4.4.4 Capteur de vibration piézoélectrique et afficher sur LCD.....	71
4.4.4.1 Simulation du Capteur de vibration piézoélectrique.....	71
4.4.4.2 Réalisation du capteur piézoélectrique.....	73
4.4.5 Capteur de Température et capteur de force sur LCD.....	74
4.4.5.1 Simulation.....	74
4.4.5.2 Réalisation.....	76
4.5 simulé module wifi esp8266.....	78
4.5.1 simulé 2 LED.....	78
4.6 simulé la température et le voltage afficher sur l'application Android.....	81
4.6.1 simulé la température et la vibration afficher sur l'application Android.....	81
4.7 Circuit générale.....	85
4.7.1 Simulation du système.....	85
4.7.2 Réalisation du circuit générale.....	86
4.8 Conclusion.....	90
CONCLUSION GENERALE.....	

 LISTE DES FIGURES

Chapitre : 01

Figure 1.1 : la centrale électrique à cycle combiné de Ras-Djinet.....	03
Figure 1.2 : Diagramme de conversion d'énergie.....	03
Figure 1.3 : Schéma d'un alternateur.....	04
Figure 1.4 : bloc de cycle combiné.....	04
Figure 1.5 : centrale électrique à cycle combiné.....	05
Figure 1.6 : Vue par satellite de centrale électrique de CAP-DJINET.....	06
Figure 1.7 : station thermique de la nouvelle centrale de RAS-DJINET.....	07
Figure 1.8 : Panneau de Projet de réalisation.....	08
Figure 1.9 : Plan de masse de la centrale.....	08
Figure 1.10 : Organigramme d'organisation de la centrale de CAP-DJINET.....	09
Figure 1.11 : Plan de situation de la centrale thermique de cap djinet.....	11
Figure 1.12 : présentation d'un générateur à vapeur.....	11
Figure 1.13 : chaudière de récupération HRSG.....	12
Figure 1.14 : générateur de vapeur.....	13
Figure 1.15 : turbine.....	14
Figure 1.16 : turbine à vapeur.....	14
Figure 1.17 : turbine à gaz.....	15
Figure 1.18 : Condenseur par surface.....	15
Figure 1.19 : la procédure de soutirage.....	16
Figure 1.20 : Alternateur centrale électrique.....	17
Figure 1.21 : transformateur de puissance.....	17
Figure 1.22 : Salle de commande de la centrale à cycle combiné Ras-djinet.....	18
Figure 1.23 : Schéma synoptique de la centrale thermique.....	18
Figure 1.24 : Le principe de fonctionnement d'un système de pompe à chaleur avec Éjecteur.....	20

Chapitre : 02

Figure 2.1 : Schéma explicatif du fonctionnement de la centrale.....	22
Figure 2.2 : Disposition d'un cycle combiné.....	24
Figure 2.3 : Diagramme Température-Entropie du cycle théorique et réel de Baryton...	25
Figure 2.4 : Production de la vapeur industrielle.....	26
Figure 2.5 : chaudière de récupération HRSG.....	27
Figure 2.6 : Les éléments d'un condenseur.....	28
Figure 2.7 : Turbine à gaz.....	29
Figure 2.8 : turbine à vapeur.....	30
Figure 2.9 : Aubage de turbine à vapeur.....	31
Figure 2.10 : Exemples de profils d'aube.....	32
Figure 2.11 : Cycle de Rankine.....	33
Figure 2.12 : Diagramme T-S pour cycle de Rankine.....	33
Figure 2.13 : positionnement des capteurs l'unité 70.....	34
Figure 2.14 : ST BEARING TEMPERATURE / VIBRATION.....	34

Chapitre : 03

Figure 3.1 : carte Arduino UNO.....	39
Figure 3.2 : Boitier de l'Arduino UNO.....	41
Figure 3.3 : Le Microcontrôleur ATmega328.....	42
Figure 3.4 : schéma fonctionnement d'un capteur.....	42
Figure 3.5 : capteur de température LM35.....	43
Figure 3.6 : Analog Piézoélectrique Céramique vibration sensor.....	44
Figure 3.7 : connexion analog sensor à l'arduino UNO.....	45
Figure 3.8 : Module ESP8266 sur NodeMCU.....	46
Figure 3.9 : Correspondance des broche du NodeMCU ESP8266 – Lolin.....	47
Figure 3.10 : Les pins d'alimentation électrique du NodeMCU ESP8266.....	48
Figure 3.11 : afficheur LCD 16*2.....	50
Figure 3.12 : les broches de l'afficheur LCD.....	51
Figure 3.13 : Montage de l'afficheur LCD sur l'ARDUINO.....	51

Figure 3.14 : Un Buzzer.....	52
Figure 3.15 : Le Bronchement du Buzzer.....	52
Figure 3.16 : Arduino 1.8.9	53
Figure 3.17 : Interface du RemoteXY.....	55
Figure 3.18 : Panneau des propriétés et des paramètres.....	55
Figure 3.19 : Capture d'écran de l'application Smartphone.....	56
Figure 3.20 : Rejoindre Tinkercad.....	57
Figure 3.21 : Créé un Compte sur Tinkercad.....	57
Figure 3.22 : Remplir les Informations Personnels.....	57
Figure 3.23 : Création de compte terminée.....	57
Figure 3.24 : interface du site Tinkercad.....	58
Figure 3.25 : Création du circuit.....	58
Figure 3.26 : Choix des composants pour construire le circuit.....	59
Figure 3.27 : Conception et Simulation du Circuit.....	59

Chapitre : 04

Figure 4.1 : Logigramme du Système.....	61
Figure 4.2 : organigramme du circuit générale.....	63
Figure 4.3 : les composantes utilisées dans le système.....	64
Figure 4.4 : simulé l'afficheur LCD sur Tinkercad.....	65
Figure 4.5 : le code source LCD 16*2.....	65
Figure 4.6 : résultats obtenu dans l'afficheur LCD16*2.....	66
Figure 4.7 : le code source LCD sur IDE.....	66
Figure 4.8 : réalisation de l'afficheur LCD.....	67
Figure 4.9 : simulation de capteur de la température.....	67
Figure 4.10 : code source LM35 sur Tinkercad.....	68
Figure 4.11 : l'affichage de la température sur Tinkercad.....	68
Figure 4.12 : l'affichage de la température sur moniteur série.....	69
Figure 4.13 : le code source LM35 sur IDE.....	69

Figure 4.14: réalisation du capteur de la température LM35.....	70
Figure 4.15: résultat de la température obtenue sur moniteur série.....	70
Figure 4.16: simulation du capteur piézoélectrique sur Tinkercad.....	71
Figure 4.17: code source du capteur piézoélectrique.....	71
Figure 4.18: résultat du capteur sur Tinkercad.....	72
Figure 4.19: l’affichage du capteur de la vibration sur moniteur série.....	72
Figure 4.20: le code source du capteur sur IDE.....	73
Figure 4.21: réalisation du capteur piézoélectrique.....	73
Figure 4.22: l’affichage de la vibration du capteur.....	74
Figure 4.23: le graphe de vibration du capteur piézoélectrique.....	74
Figure 4.24 : simulation du capteur de vibration et température.....	75
Figure 4.25 : le code source de système.....	75
Figure 4.26 : résultat de la simulation des capteurs.....	76
Figure 4.27 : le graphe de la simulation des capteurs.....	76
Figure 4.28 : la réalisation de capteur de température et vibration.....	77
Figure 4.29 : le code source des capteurs sur IDE.....	77
Figure 4.30 : les étapes de la création de l’application.....	78
Figure 4.31 : les propriétés du l’application.....	79
Figure 4.32 : la compilation du code.....	79
Figure 4.33 : le code source d’application.....	80
Figure 4.34 : l’application sur le téléphone.....	80
Figure 4.35 : les étapes de connecté avec le module wifi 8266.....	80
Figure 4.36 : testé module WIFI 8266 avec la carte ARDUINO.....	81
Figure 4.37 : code source de capteur de température connecté avec l’application.....	82
Figure 4.38 : réalisation du capteur de température connecté à l’application.....	82
Figure 4.39 : lire la température et le voltage sur l’application ANDROID.....	83
Figure 4.40 : code source d’application connectée avec les deux capteurs.....	84
Figure 4.41 : réalisation du programme connecté avec les deux programmes.....	84
Figure 4.42 : l’affichage de la température et vibration sur l’application.....	85

Figure 4.43 : simulation du circuit générale du système.....	85
Figure 4.44 : code source du circuit générale du système.....	86
Figure 4.45 : réalisation du circuit générale du système.....	87
Figure 4.46 : code source du circuit générale du système.....	89
Figure 4.47 : Projet finale de circuit.....	90

Liste des tableaux

Chapitre : 01

Tableau 1.1 : Les différents paramètres de fonctionnement aux conditions de référence et à 100 % de charge.....	07
Tableau 1.2 : Caractéristique technique du générateur de vapeur.....	13

Chapitre : 02

Tableau 2.1 : Zone des vibrations.....	35
Tableau 2.2 : Valeurs mesurées pour les turbines à vapeur.....	35
Tableau 2.3 : L'état de chaque zone.....	35

Chapitre : 03

Tableau 3.1 : Caractéristiques d'une Carte Arduino.....	40
Tableau 3.2 : Caractéristiques de l'Afficheur LCD.....	50
Tableau 3.3 : Barre d'actions.....	54
Tableau 3.4 : Prix des Composants.....	60

Liste des abréviations

HRSG: Heat Recovery steam Generator.

SPE: Society production electricity

GT: Gaz turbine.

ST: Steam turbine.

GSC: Gland Stream Condenser.

HP: Haut pression.

IP: pression intermédiaire.

LP: Low pressure.

GTA: Group turbine alternator.

BP: base pression.

TAC: Turbine à combustion.

T : Turbine.

C : condenseur.

CH : chaudière.

A : alternateur.

PA : pompe d'alimentation.

PE : pompe d'extraction.

B : bache alimentaire.

CCG : Cycle Combiné Gaz.

CCGT: Combine Cycle Gas Turbine.

TGV : Turbine Gaz-Vapeur.

TP : transformateur principal.

TS : transformateur de soutirage.

BU : borne usine.

PCI : pouvoir calorifique inférieur.

CCGI : cycle combiné à gazéification intégrée.

GVR : générateur récupérateur de vapeur.

TD : transformateur de démarrage.

MC : condenseur de vapeur principal.

DC: Direct Current.

SRAM: static Random Access Memory.

EEPROM: Electrically Erasable programmable read only.

RX: Receive.

TX: Translation.

LED: Light Emitting Diode.

PWM: Pulse Width Modulation.

LCD: Liquid Crystal Display.

I2C: Inter Integrated circuit.

IDE: Integrated Development Environment.

RAM: Random Access Memory.

SCL: Serial Clock.

SDA: Serial Data Access.

Vin: V in (tension entrée).

VDD: Drain Supply Voltage.

Vout: Output Voltage.

VSS: Source Supply Voltage.

Rs: Register Select.

R/W: Read / Write.

USB: Universal Serial Bus.

GND: Ground (masse).

ICSP: In-circuit serial programming.

E: Enable.

GPIO: General purpose input output.

UART: Universal Asynchronous Receiver Transmitter.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

De nos jours, L'électricité est l'énergie la plus utilisées actuellement. Elle occupe une place prépondérante dans l'industrie et l'usage domestique, l'énergie électrique représente un besoin indispensable dans tous les domaines, cette énergie est produite principalement par la conversion d'énergie. il est donc nécessaire de la produire à partir de la conversion d'autre formes d'énergie telles que l'énergie solaire, nucléaire, éolienne...Etc.

Une centrale thermique est une centrale qui produite de l'électricité à partir d'une source de chaleur, cette source peut être un Combustible brulé (gaz, fioul). Grace à son capital énergétique (pétrole et gaz), l'Algérie a misé sur les centrales thermiques pour produire son énergie, ainsi le groupe SONELGAZ à construire plusieurs centrales thermiques à (vapeur, gaz).

La central électrique à cycle combiné de Ras Djinet dans la Willaya de Boumerdes a été mis en exploitation en mai 2018, d'une puissance de 1113 mégawatts, la centrale en question joueur rôle important dans le cadre de l'interconnexion des réseaux nationaux d'électricité.

Dans le cycle combiné (turbine à gaz, turbine à vapeur, générateur). On trouve plusieurs des capteurs (gaz, température, pression, vibration, niveau ...etc.), ces capteurs gérée la surveillance des turbines et envoyer les informations vers la salle du commande, les ingénieurs sont obligé voir ces informations et lorsque il y a un problème ils sont résoudre manuellement,

Parfois les ingénieurs ne sont pas présentés dans la salle, donc il sera un problème de retard, plus le problème Augmenter les caractéristiques du cycle combiné ils seront danger, la réagissent pour le problème faible et plus tard.

L'objectif de notre travail est de créer un système permettre de la gestion des capteurs, une application Android permettre de récupéré les informations qui sont envoyé vers la salle de commande connecté avec wifi et affichée les messages dans une interface Android (téléphone, tablette...etc.), plus lorsque il y a une anomalie le système réagissent Automatiquement avec le problème trouvée.

Nous avons organisé notre travaille comme suite :

- Le premier chapitre : présentation l'organisme d'accueil (la centrale thermique et différents caractéristiques).
- Le deuxième chapitre : principe de fonctionnement de la centrale.
- Le troisième chapitre : description du matérielle et logicielle utilisée.
- Le quatrième chapitre : simulation et réalisation du projet.

Enfin nous terminerons par une Conclusion Générale.

Chapitre : 01

Présentation de l'organisme d'accueil

Chapitre : 01

Présentation de l'organisme d'accueil

1. 1 Introduction

A notre époque, et sans électricité, la vie quotidienne serait difficilement envisageable. Il est donc nécessaire de savoir la produire de manière efficace et continue. Pour répondre à la consommation croissante d'électricité, il a fallu inventer et construire des usines capables de produire de l'électricité en grande quantité.

Dans ce chapitre, on commence par une brève présentation de la centrale électrique, et ce afin de tirer et d'analyser les objectifs du projet.

Une centrale thermique appelé aussi centrale électrique produit de l'électricité à partir de la chaleur produite par la combustion de combustibles (gaz ou liquide), et cela par la force de la vapeur qui fait tourner une turbine couplée à un alternateur. la centrale thermique à vapeur demande de grande quantités d'eau c'est pour cela on les trouve au bord de mer, rivière, lac, etc. En Algérie à cause du manque de points d'eau la centrale thermique de CAP-DJANET a été construite au bord de la mer afin de subvenir aux énormes besoins d'eau de cette dernière.

Ces dernières années, la demande en électricité a connu une évolution importante et particulièrement en périodes estivales, atteignant des pics de consommation importants, cette forte augmentation de la demande est une conséquence directe du changement des habitudes du consommateur et l'amélioration de la qualité de vie, ainsi que la pulsion donnée au secteur économique et industriel.

Conscient de cet enjeux et de l'importance de l'accès à l'électricité pour les citoyens, le secteur s'est fixé comme priorité de développer tous les axes permettant de garantir la couverture à long terme, les besoins en électricité et en gaz du pays, notamment par la diversification des sources d'énergie, le développement du parc de production électrique et des infrastructures de transport et de distribution de l'électricité et du gaz.

Ras – djinet est l'une des centrales à cycle combiné vise à la production de l'électricité en Algérie, c'est une société de production qui contient diverses stations, équipements et ses auxiliaires. Dans ce chapitre nous ferons connaitre tous les détails appartenant à cette centrale.



Figure 1.1 : la centrale électrique à cycle combiné de Ras-Djinet. [1]

1. 2 Production d'électricité

Le principe de base de la production d'électricité repose sur la conversion d'énergie mécanique en énergie électrique. On utilise une source d'énergie qui peut être de l'eau, de la vapeur ou un gaz. Cette énergie fait tourner une énorme turbine qui est reliée à un alternateur.

L'alternateur agit comme un aimant et attire les électrons, ce qui les oblige à se déplacer des électrons génère le courant électrique Grâce à l'électricité, la vie quotidienne a beaucoup évoluée : éclairage, chauffage, cuisson, on pouvait faire des choses si incroyables qu'on l'a appelée la Fée électricité. [2]

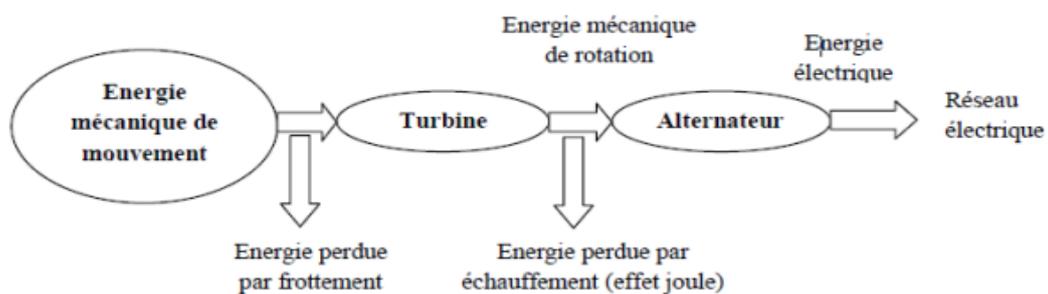


Figure 1.2 : Diagramme de conversion d'énergie.

1. 3 Principe de fonctionnement des centrales

Dans une centrale, on a recours à un énorme alternateur pour produire de l'électricité Dans L'alternateur, un aimant géant appelé rotor tourne à l'intérieur d'un bobinage de fil de cuivre nommé stator. La force ainsi produite expulse les électrons de leurs atomes et induit dans les fils de cuivre un flux d'électrons, c'est-à-dire l'électricité. Les électrons

peuvent alors être envoyés, par les lignes de transport, là où on en a besoin. On emploie des roues géantes appelées turbines pour faire tourner les aimants à l'intérieur de l'alternateur, ce qui nécessite beaucoup d'énergie. [2]

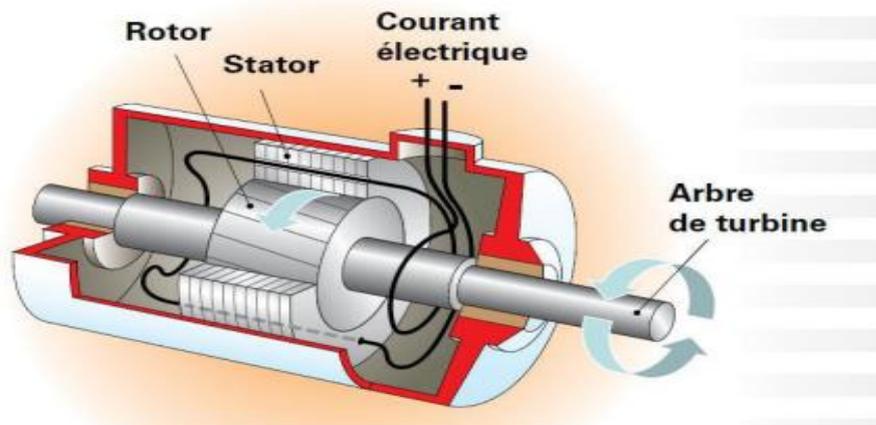


Figure 1.3 : Schéma d'un alternateur. [2]

1.4 Historique du cycle combiné

Les cycles combinés avec récupération de la chaleur, qui emploient la chaleur des gaz d'échappement de la turbine à gaz, ont été rendus faisables par augmentation du transfert thermique latéral par l'utilisation des tubes aillés. Les chaudières à tubes aillés ont été mises en service en 1959. Depuis 1960, le type de récupérateur de chaleur du cycle combiné est devenu dominant. Son application initiale était favorable dans beaucoup de processus chimiques et pétrochimiques. Un nombre réduit de récupérateur de chaleur des cycles combinés ont été installés dans les centrales de production d'électricité dans les années 1960. Les années 80 et le début des années 90 ont apporté un grand nombre de systèmes utilisant le gaz naturel comme combustible. Les installations de puissance seule utilisent l'extraction minimale de vapeur pour le chauffage d'eau d'alimentation. Les systèmes de cogénération utilisent la vapeur d'échappement des turbines à vapeur dans d'autres processus. Quelques cycles combinés par cogénération exportent la vapeur directement du HRSG [3].

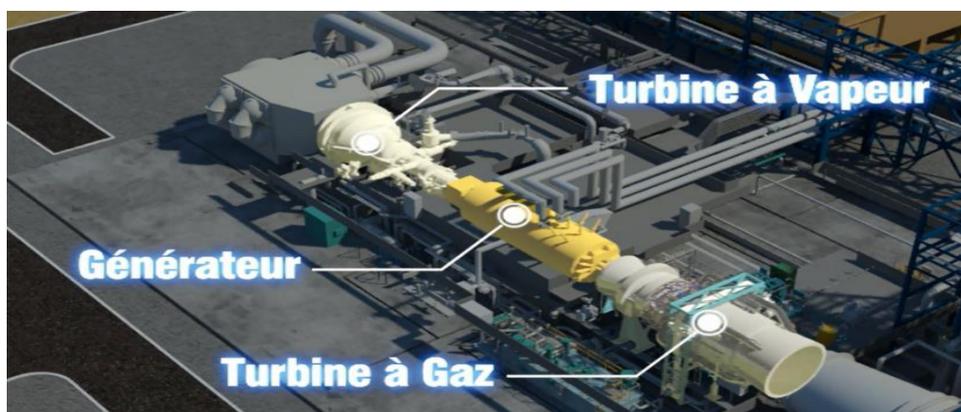


Figure 1.4 : bloc de cycle combiné. [1]

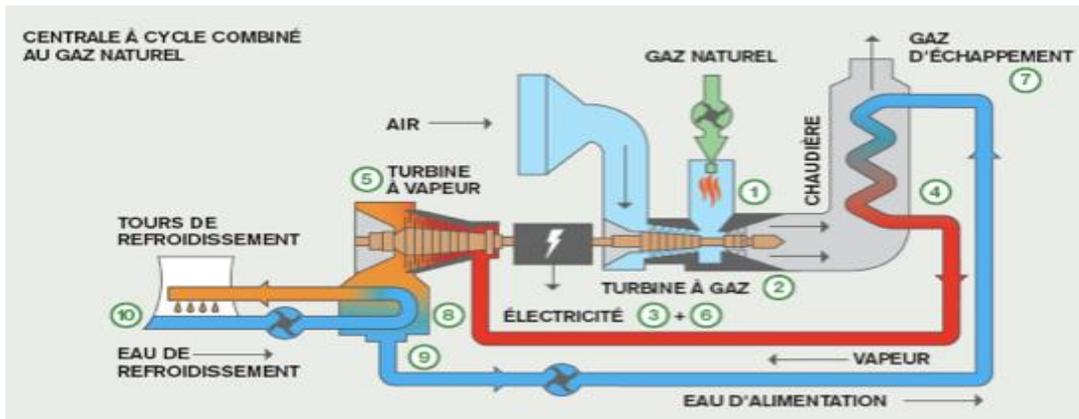


Figure 1.5 : centrale électrique à cycle combiné. [2]

1.5 Présentation de la centrale thermique de CAP-DJINET

1. 5. 1 Situation géographique

La centrale thermique de **CAP-DJINET** se situe au bord de la mer dans la wilaya de BOUMERDES (30KM à l'est de wilaya) à 77KM à l'est de la capitale ALGER .Elle couvre une superficie de 18 Hectares, La puissance fournie au réseau est de 1131.1MW par 1 heure. Avec une densité de 321, aux bornes de l'usine se compose de 3 modules de centrale électrique à cycle combiné 50.60.70, [1]

La centrale de CAP-DJINET utilise le gaz naturel pour alimenter les brûleurs de la chaudière, la station peut fonctionner grâce à une réserve de fuel. Les alternateurs sont alimentés par trois chaudières de récupération à haute pression. Le choix du site s'est fait selon les critères suivants :

- Proximités de la mer.
- Possibilité d'extension.
- Conditions du sous-sol favorables(ne nécessite pas de fondation profonde).
- Proximité des consommateurs importants située notamment dans la zone industrielle Rouiba-réghaia.
- les centrales thermiques sont capables de fournir rapidement de l'énergie et de répondre à l'augmentation de la consommation de cette énergie qui n'est pas stockable.



Figure 1.6 : Vue par satellite de centrale électrique de CAP-DJINET. [1]

1.5.2 Historique

La centrale a été construite par un consortium DAEWOO E&C de DELAI 40 mois : La société Algérienne de production de l'électricité SPE a lancé le projet de réalisation de la centrale à cycle combiné de RAS-DJINET fonctionnant au gaz naturel venant de Hassi R'mel dans le cadre du renforcement du parc de production national et de la diversification des sources d'énergie primaires implanté sur un site situé à l'intérieur d'une centrale existante ayant une capacité de 1131.1MW se compose de 3 modules de centrale électrique à cycle combiné à arbre-simple, ainsi que les systèmes qui supportent l'équilibre de la centrale. Chaque module a une turbine à gaz (modèle : SIMENSSGT5-4000F), une chaudière de récupération (HRSG) associée, une turbine à vapeur (modèle : SIMENSSST5-3000 H-IL) et un générateur commun refroidi par hydrogène (modèle : SIMENS SGEN5-2000H) situé sur le même arbre entre la turbine à gaz (GT) et la turbine à vapeur (ST). Les turbines à gaz sont conçues pour brûler le gaz naturel comme le combustible de base et le carburant diesel comme le combustible de secours .

La centrale électrique à cycle combiné de RAS-DJENAT est située au bord de la mer à proximité de Ras Djinet, Wilaya de boumerdès, Algérie 3km au sud-ouest) de la commune de cap Djinet et 77km à l'Est d'Alger, sa superficie est de près de 18 hectares du centre-ville de Boumerdès. Cette centrale a été réalisée entre le Octobre 2012 – Février 2016 a été confiée au groupe sud-coréen DAEWOO pour un montant 73,4 milliards de DA près d'un milliard de dollars a-t-on appris auprès de la Société algérienne de production d'électricité SPE , filiale de Sonelgaz; ils sont ainsi chargés, dans un délai de 40 mois, des responsabilités de la conception, l'ingénierie, la fabrication des matériels, l'acquisition des équipements et matériaux, la supervision des travaux de génie civil, les travaux de montage, l'installation, les essais, la mise en service des groupes, les garanties et la formation du personnel du client. Le projet de cette centrale s'inscrit, en effet, dans le cadre du programme approuvé récemment par les pouvoirs publics et visant à produire 12.000 MW supplémentaires d'électricité à l'horizon 2016. Qui permettra, une fois achevé, de doubler la production nationale d'électricité pour répondre à une demande qui ne cesse de croître d'année en année et qui a atteint 14,5% en 2012 contre 14% l'année précédente. [1]



Figure 1.7 : station thermique de la nouvelle centrale de RAS-DJINET. [1]

Tableau 1.1 : Les différents paramètres de fonctionnement aux conditions de Référence et a 100% de charge. [1]

Description	Unités	Avec allumage au gaz naturel	Avec allumage à l'huile
Puissance de sortie nette de chaque bloc	mW	377	311,3
Taux de chaleur net de la centrale	KJ/Kwh	6165	6599
Puissance de sortie de la turbine à gaz	mW	249,2	210,5
Puissance de sortie de la turbine à vapeur	mW	127,8	100,8
Consommation de combustible	kg/s	14,3	13,24
Température du gaz d'échappement	°C	607,6	557,4
Débit du gaz d'échappement	kg/s	616,2	610,9
Pression de sortie du surchauffeur HP	Bar (a)	120,81	101,81
Température de sortie du surchauffeur HP	°C	566,50	530,10
Pression d'entrée de la turbine à vapeur HP	Bar (a)	117,92	99,39
Température d'entrée de la turbine à vapeur HP	°C	565,02	528,27
Débit de la vapeur HP	kg/s	71,99	61,66
Pression de sortie du réchauffeur	Bar (a)	29,91	25,91
Température de sortie du réchauffeur	°C	565,70	526,20
Pression d'entrée de la turbine à vapeur PI	Bar (a)	29,10	25,20
Température de sortie de la turbine à vapeur PI	°C	564,94	524,99
Débit de la vapeur PI	kg/s	71,99	76,02
Pression de sortie du surchauffeur PI	Bar (a)	31,31	27,11
Température de sortie du surchauffeur PI	°C	337,50	324,30
Pression de sortie du surchauffeur BP	Bar (a)	4,51	4,21
Température de sortie du surchauffeur BP	°C	232,60	237,70
Flux de vapeur de sortie de surchauffeur BP	kg/s	10,14	2,58
Flux d'échappement de turbine BP	kg/s	98,25	80,31
Température d'échappement de turbine BP	°C	33,35	31,56

Débit de la vapeur HP	kg/s	71,99	61,66
Pression de sortie du réchauffeur	Bar (a)	29,91	25,91
Température de sortie du réchauffeur	°C	565,70	526,20
Pression d'entrée de la turbine à vapeur PI	Bar (a)	29,10	25,20
Température de sortie de la turbine à vapeur PI	°C	564,94	524,99
Débit de la vapeur PI	kg/s	71,99	76,02
Pression de sortie du surchauffeur PI	Bar (a)	31,31	27,11
Température de sortie du surchauffeur PI	°C	337,50	324,30
Pression de sortie du surchauffeur BP	Bar (a)	4,51	4,21
Température de sortie du surchauffeur BP	°C	232,60	237,70
Flux de vapeur de sortie de surchauffeur BP	kg/s	10,14	2,58
Flux d'échappement de turbine BP	kg/s	98,25	80,31
Température d'échappement de turbine BP	°C	33,35	31,56

1.5. 3 Etapes de réalisation [1]

Calendrier de réalisation se présente comme suit :

DELAI : 40 mois.

Octobre 2012- Février 2016.



Figure 1.8 : Panneau de Projet de réalisation. [1]

1.5. 4 Plan de masse [1]

Il est présenté dans la figure ci-après :

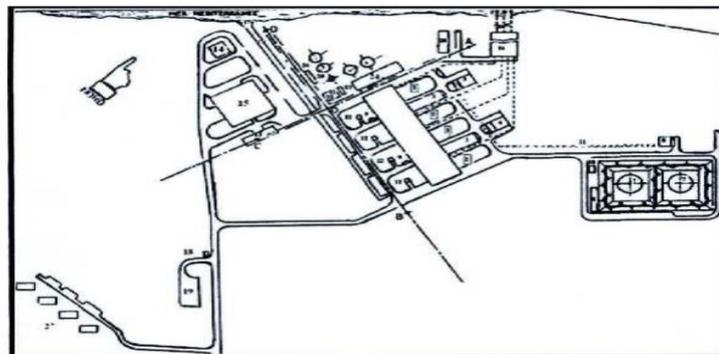


Figure1.9 : Plan de masse de la centrale. [7]

1. 6 Organigramme d'organisation de centrale thermique de CAP-DJINET [1]

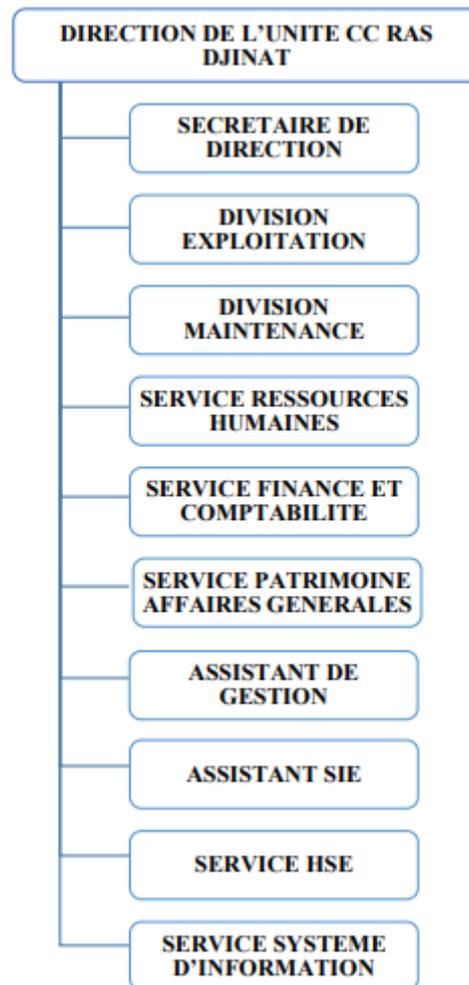


Figure1.10 : Organigramme d'organisation de la centrale de CAP-DJINET [1].

1. 7. Différents bloc de la centrale électrique [1]

Les différents blocs qui constituent la centrale sont :

- Salle des machines.
- Générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG).
- Locaux des auxiliaires électriques et mécaniques.
- Tour de prise d'eau de mer.
- Station détente gaz.
- Réservoir de stockage du fuel.
- Station de dépotage et pompage du fuel.
- Station de production d'hydrogène.
- Poste d'alimentation en hydrogène.
- Aire des transformateurs.
- Station de chloration.
- Station pompage.
- Station déminéralisation.

- Station de dessalement d'eau alimentaire.
- Station des pompes d'eau alimentaire.
- Fosse de neutralisation.
- Bâtiment administrative.
- Cantine.
- Parking.
- Poste de garde.
- Logement d'exploitation.
- Traitement de contrôle l'appareillage de connexion à isolation gazeuse.
- Station production la mousse.

1. 8 Description

La centrale de production d'électricité de CAP-DJINET est une centrale composée de quatre groupes d'une puissance unitaire de 1131.1MW comprenant des installations communes :

- Station de pompage d'eau de mer.
- Poste de détente gaz naturel.
- Poste fuel.
- Station de dessalement et de déminéralisation d'eau de mer.
- Station d'électro-chloration.
- Salle de compresseur d'air comprimé de travail et de régulation.

Et pour chaque groupe :

- Générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG).
- Turbine à vapeur.
- Condenseur.
- Alternateur.
- Salle de commande centralisée.
- Transformateur principale d'évacuation de l'énergie.
- Dessalement d'eau de mer.
- Les pompes.
- Turbine à gaz.
- Défaiseur.
- Vanes by-pass HP-IP-LP.
- Pompes d'extraction de condensate.
- Gland Stream Condenser (GSC).
- Chaudière auxiliaires.
- Échangeur de chaleur CCW.
- Réservoir de stockage d'eau DM.
- Réservoir de stockage d'eau dessalée. [1]

1. 9 Plan de situation

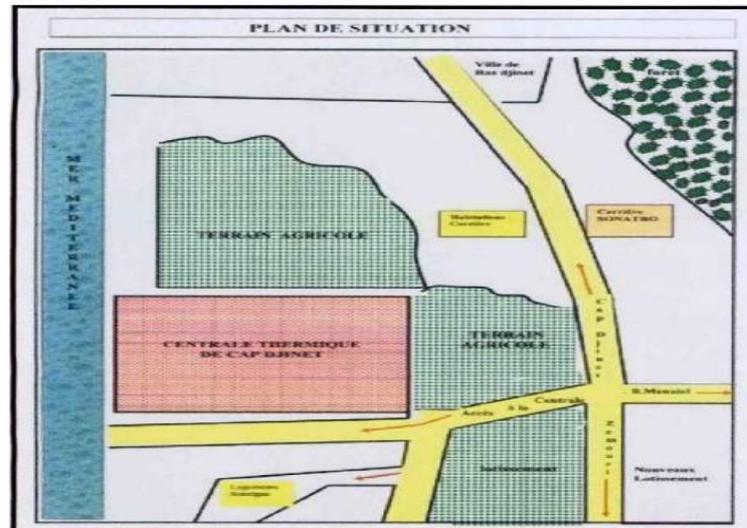


Figure1.11 : Plan de situation de la centrale thermique de cap djinet. [7]

1. 10 Caractéristiques techniques de la centrale

1.10.1 Générateur à vapeur (chaudière de récupération HRSG)

1.10.1.1 Définition

Le générateur à vapeur est l'un des éléments essentiels du circuit thermiques car il assure le changement de phase de l'eau d'alimentation de l'état liquide à l'état vapeur surchauffée à haute pression en vue d'alimenter la turbine. Le générateur de vapeur (chaudière) a pour rôle de transformer l'eau en vapeur à haute pression pour alimenter le groupe turbine alternateur (GTA). Les générateurs de vapeurs sont de type à circulation naturelle (circulation naturelle de l'eau et de la vapeur), l'eau qui arrive par gravité vers les tubes écrans, sera vaporisée sous l'effet de la combustion, et la vapeur produite, sera acheminée vers la partie supérieure du ballon chaudière par différence de densité avec l'eau.

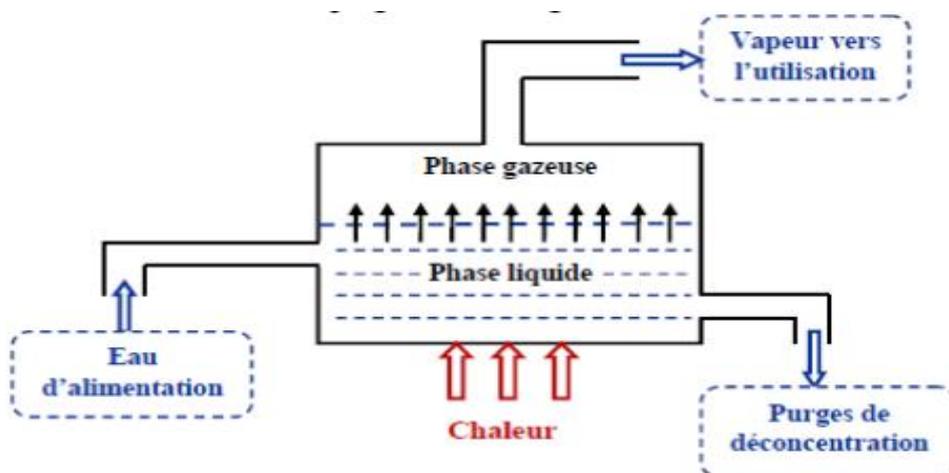


Figure1.12 : présentation d'un générateur à vapeur.



Figure1.13 : chaudière de récupération HRSG.

1.10.1.2 Constitution [8]

Un ballon : C'est un réservoir dont le rôle est de séparer naturellement la phase vapeur de la phase Liquide pour faciliter la circulation naturelle dans les tubes vaporisateurs, et D'assécher la vapeur saturée.

Un économiseur : C'est un échangeur de chaleur, il sert à réchauffer l'eau d'alimentation Pour éviter les chocs thermiques que provoquerait l'arrivée d'eau froide dans le ballon Chaud. Quatre Colonnes de descentes et tubes écrans. Les colonnes de descentes sont Raccordées à la partie inférieure du ballon et conduisent l'eau l'écran vaporisateur L'eau se Trouvant dans l'écran vaporisateur va être ainsi chauffée directement par rayonnement et Va Se vaporiser.

Trois surchauffeurs : Ce sont des échangeurs de chaleur. Ils sont situés généralement dans Le circuit de gaz de Combustion Ils servent à resurchauffer la vapeur provenant du ballon Chaudière afin de la rendre sèche Ils sont placés de telle manière que les gaz chauds de la Combustion passent d'abord dans la surchauffeur secondaire haute pression (HP), puis dans La surchauffeur basse pression (BP) et enfin dans la surchauffeur final. La surchauffeur Permet d'élever la température de la vapeur sans élever sa pression.

Deux resurchauffeurs : Ce sont des échangeurs de chaleur dont lesquels, une partie de la Vapeur qui est passé par la turbine haute pression (HP) réchauffe l'eau d'alimentation.

Trois désurchauffeurs : Ils sont alimentés par l'eau courante et utilisés pour la stabilisation de la température de la vapeur. Ils sont placés entre les surchauffeurs et les resurchauffeurs.

Huit brûleurs : Leurs rôle est d'assurer le mélange parfait combustible-comburant en vue d'une bonne combustion. (Réparties sur la face avant de la chambre de combustion.)

Deux ventilateurs de recyclage : Ils ont pour rôle de recycler une partie des fumées issues de la combustion afin de réguler la température à la sortie des resurchauffeurs.

Deux ventilateurs de soufflage : Ils ont pour rôle de fournir l'air de combustion nécessaire Au générateur de vapeur.

Deux préchauffeurs d'air à vapeur : Servent à l'augmentation de la température de l'air de combustion.

Un réchauffeur rotatif d'air de combustion : Sert à réchauffer l'air de combustion par Récupération de chaleur des fumées. [8]

1.10.1.3 Caractéristiques

Tableau 1.2 : Caractéristiques techniques du générateur de vapeur. [4]

Données	techniques
Constructeur	SGP
Chaudière à circulation	naturelle
Température d'eau d'alimentation (C°)	246
Pression d'eau d'alimentation (bars)	175
<u>Vapeur surchauffée</u>	
Débit maximal (t/h)	530
Température de service nominale (C°)	540
Pression de service (bars)	145,7
<u>Vapeur resurchauffée</u>	
Débit maximal (t/h)	470,7
Température de service nominale (C°)	535
Pression de service (bars)	35,9
Température de la vapeur entre (C°)	358,5



Figure1.14 : générateur de vapeur.

1.10.2 La turbine

La turbine transforme l'énergie thermique contenue dans la vapeur provenant de la Chaudière en un mouvement de rotation de l'arbre. Le travail mécanique obtenu sert à Entraîner l'alternateur La turbine possède trois corps : corps HP (sa pression de fonctionnement est de 172 bars), corps MP (sa pression de fonctionnement est de 48 bars)

Et le corps BP .Elle contient aussi de nombreux de soutirages de vapeur en nombre de six Alimentent trois réchauffeurs BP, la bêche alimentaire et deux réchauffeurs HP. [1]



Figure1.15 : turbine.

1.10.2.1 Turbine à vapeur

La turbine est une machine composée de corps HP, MP, BP qui servent à convertir l'énergie calorifique d'un courant de vapeur en énergie mécanique, ces corps sont by –passés et permettent un conditionnement de la vapeur. [1]



Figure1.16 : turbine à vapeur. [1]

1.10.2.2 Turbine à gaz

Une turbine à gaz, ou plus exactement turbine à combustion (TAC) est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne.

Une telle turbine sert à produire soit du travail, par l'entraînement en rotation d'un arbre lui-même couplé à une machine industrielle ou à une hélice (hélicoptère ou *propfan*, par exemple), soit une propulsion, par détente des gaz en sortie de turbine dans une tuyère, comme dans un moteur à réaction.[3]

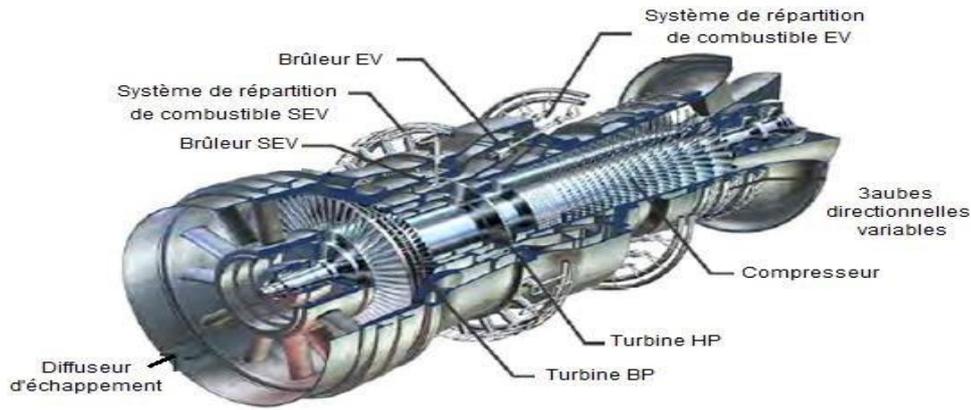


Figure1.17 : turbine à gaz. [3]

1.10.3 Poste d'eau

Le poste d'eau est l'ensemble des équipements qui préchauffe l'eau et le transfert du Condenseur jusqu'à la chaudière en passant par la bache alimentaire (dégazeur).

1.10.3.1 Constitution

Condenseur

Assure la condensation de la vapeur évacuée du corps basse pression(BP) de la turbine par La circulation de l'eau de mer de refroidissement (débit de 2 x 12000 m³/heures), dans les 1485 tubes en titane contenus dans le condenseur.

C'est un condenseur par surface dont le rôle est de :

- Assurer la condensation de la vapeur.
- Augmenter la chute d'enthalpie de la turbine.
- Avoir un rendement élevé.
- Réintroduire le condensat dans le circuit eau-vapeur.

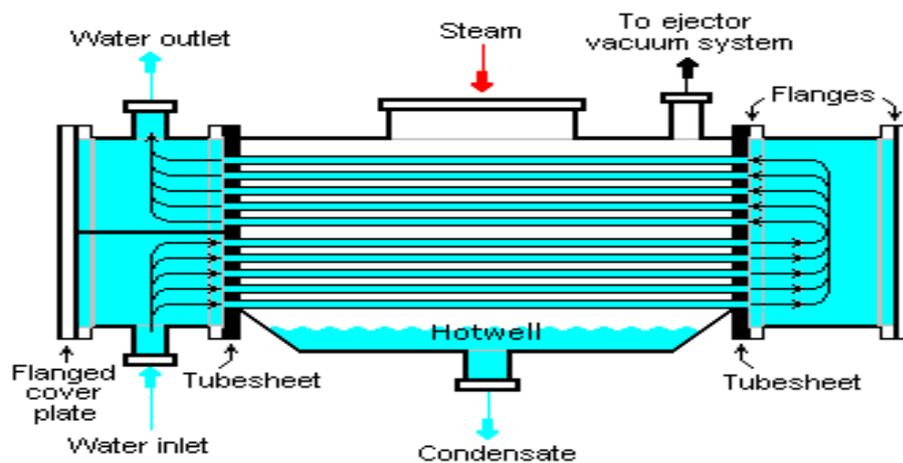


Figure1.18 : Condenseur par surface

Trois Pompes alimentaires

Servent à alimenter la chaudière à partir de la bêche alimentaire (le débit nominale des Pompes est 3 x 261,6 m³/heures).

Deux pompes d'extraction

Assurent le transfert de l'eau du puits du condenseur jusqu'à la bêche alimentaire en passant Par les trois réchauffeurs basse pression (le débit nominal d'une pompe d'extraction est 41 m³/heures).

1.11 Les soutirages

Le principe est d'utiliser de la vapeur qui a déjà travaillé dans la turbine pour réchauffer l'eau d'alimentation. Une partie seulement de la vapeur circulant dans la turbine est prélevée, et de plus, l'échange de chaleur s'effectue dans un échangeur de calorie. La vapeur refroidie est ensuite redirigée vers le condenseur. [9]

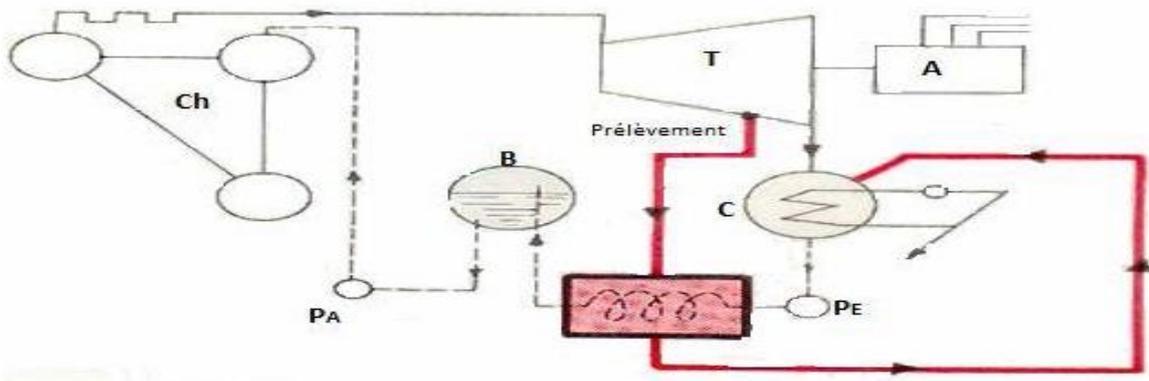


Figure1.19 : la procédure de soutirage.

- ✓ T : Turbine.
- ✓ C : condenseur.
- ✓ CH : chaudière.
- ✓ A : alternateur.
- ✓ PA : pompe d'alimentation.
- ✓ PE : pompe d'extraction.
- ✓ B : bêche alimentaire. [9]

1.12 Alternateur

L'alternateur est un générateur d'électricité lié directement avec l'arbre de la turbine, Il transforme l'énergie mécanique de la turbine en énergie électrique. C'est un alternateur à pôles lices. Il est refroidi par l'hydrogène. Parmi ces avantages la faible densité et une grande Conductibilité thermique ce qui permet de réduire les pertes de chaleur lors de la ventilation, et récupérer la chaleur dégagée par l'alternateur et par l'eau d'alimentation. [1]



Figure1.20 : Alternateur centrale électrique.

1.13 Transformateur

Un transformateur électrique (parfois abrégé en « transfo ») est une machine électrique permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative, en un système de tension et de courant de valeurs différentes, mais de même fréquence et de même forme. Il effectue cette transformation avec un excellent rendement.

On distingue les transformateurs statiques et les commutateurs. Dans un transformateur statique, l'énergie est transférée du primaire au secondaire par l'intermédiaire du circuit magnétique que constitue la carcasse du transformateur. Ces deux circuits sont alors magnétiquement couplés. Ceci permet de réaliser une isolation galvanique entre les deux circuits. Dans une commutatrice, l'énergie est transmise de manière mécanique entre une génératrice et un moteur électrique. [5]



Figure1.21 : transformateur de puissance. [1]

1.14 Combustibles

Le combustible utilisé pour les chaudières est : le gaz naturel de HASSI R'MEL. Le débit nécessaire pour assurer la pleine charge des quatre groupes : 160 000 Normal m³/heures. Le secours est assuré par du fuel (huile domestique) stocké dans deux réservoirs de 10 000 m³ chacun.

1.15 Systèmes de surveillance, d'alarme et d'analyse

Pour permettre une bonne conduite du groupe de production des paramètres d'exploitation (Température, pression, niveau d'eau, vibrations..), des différents équipements du groupe, sont indiqués, enregistrés en permanence en salle de commande et signalés en cas de Dépassement de seuil Pour une meilleure analyse, en cas d'incident un, consigneur d'état est installé. Il permet d'enregistrer les alarmes dans un ordre chronologique. [1]

1.16 Salle de commande centralisée

Chaque paire de tranches est contrôlée et réglée depuis une salle de commande. La salle de commande pour chaque paire de tranche comprend : deux pupitres de conduites, deux tableaux verticaux où sont rassemblés les organes de commande et les appareils d'enregistrement de la plus grande partie des paramètres, un tableau synoptique schématisant Les auxiliaires électriques. [1]

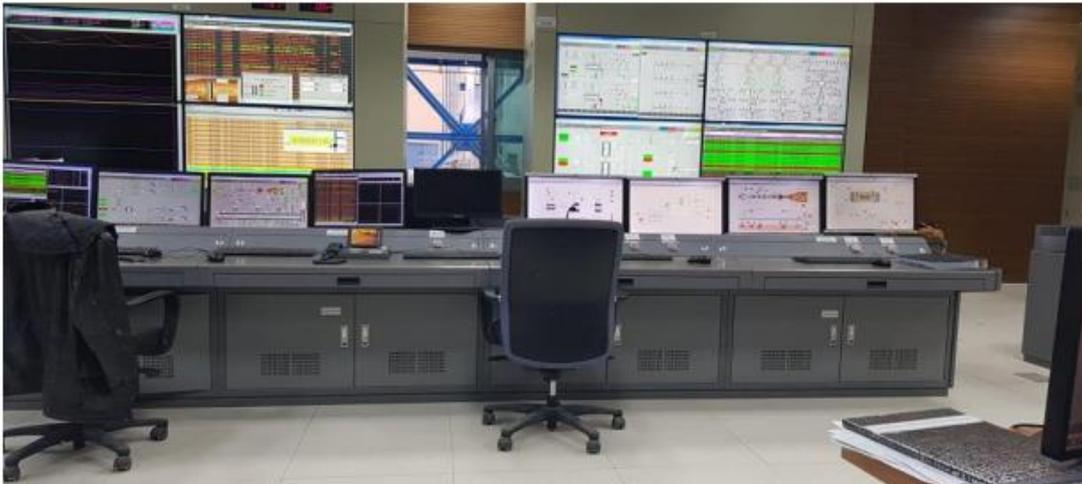


Figure 1.22 : Salle de commande de la centrale à cycle combiné Ras-djinet. [1]

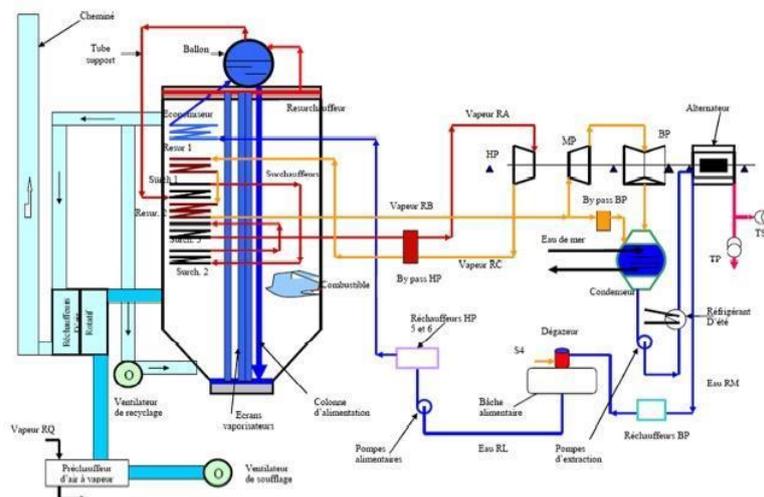


Figure 1.23 : Schéma synoptique de la centrale thermique. [1]

1.17 Auxiliaires communs aux quatre tranches

1.17.1 Une station de production d'hydrogène Sert à produire l'hydrogène nécessaire au refroidissement des quatre alternateurs de la centrale.

1.17.2 Poste gaz Il se compose de deux lignes de filtration de gaz, et trois lignes de régulation pour la détente de gaz de 60 à 6 bars.

1.17.3 Poste fuel En cas d'incident qui se présente sur le poste gaz on peut allumer la chaudière au fuel, ce Dernier est stocké dans deux bâches de 10.000m³ chacune pour la réserve.

1.17.4 La station de pompage L'eau de mer pénètre dans le domaine de la station grâce à trois conduites en béton de 2.7 Mètre de diamètre enfoui à une profondeur de 7 mètre et de longueur de 900 mètre en direction de la mer Cette station est située à un niveau inférieur au niveau de la mer, ce qui fait que l'eau pénètre par simple gravitation. A ce niveau aucune pompe n'est utilisée, cette eau passe par plusieurs filtres pour éliminer les gros déchets qui sont ensuite rejetés vers la mer.

1.17.5 Station de dessalement Le dessalement de l'eau a pour fonction de couvrir les besoins en eau de la chaudière ainsi que les besoins en eau potable de la centrale La station contient quatre unités de dessalement produisant 500 m³/jour, chacune assure la production en eau dessalée, stockée dans deux bâches (2*2700m³).

1.17.6 Station électro chloration La chloration de l'eau de mer permet de protéger le circuit d'eau contre tout encrassement, de préserver les équipements traversés par l'eau de mer contre la prolifération d'organismes Marins Elle se fait par injection d'hypochlorite de sodium.

1.17.7 Station de déminéralisation L'eau qui arrive de la station de dessalement à la station de déminéralisation passe par plusieurs niveaux graduels Les mesures prises lors des contrôles de qualité concernent principalement le PH et la conductivité électrique de l'eau. Le but de ce traitement est d'aboutir à une eau dont le PH est très proche de 7 et une conductivité presque nulle Une fois Déminéralisée, l'eau obtenue est envoyée vers les deux réservoirs de stockages. [2]

1.18 Éjecteur a jet de vapeur

Les éjecteurs sont des compresseurs statiques activés thermiquement qui comprennent une tuyère convergente divergente, laquelle est intégrée à un corps principal généralement cylindrique. L'effet de compression résulte de l'interaction entre les deux flux de fluide. Le flux moteur est à haute pression et est produit dans un générateur utilisant une source de chaleur. Cette source peut provenir d'une chaleur de basse énergie. Les éjecteurs ont l'avantage de pouvoir être commandés par de la chaleur perdue et de servir de pompe à chaleur en effectuant les cycles appropriés pour produire des effets de valorisation de la chaleur (augmentation de température), de refroidissement ou de réfrigération, pourvu qu'une source thermique soit disponible. [1]

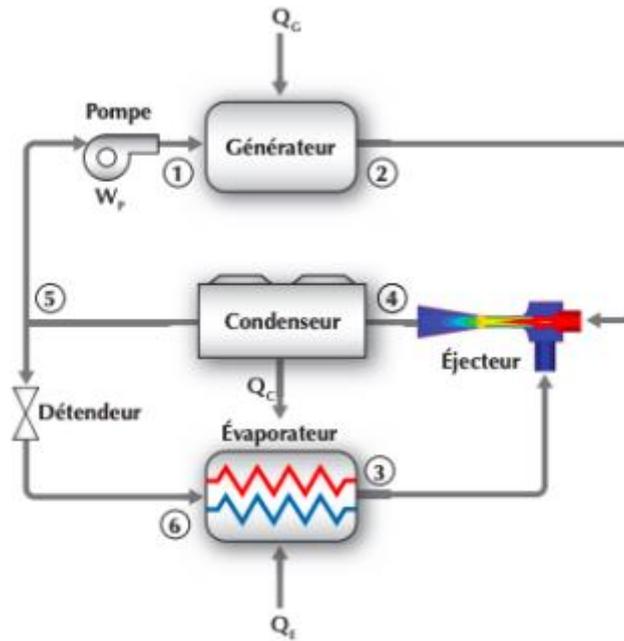


Figure 1.24 : Le principe de fonctionnement d'un système de pompe à chaleur avec éjecteur. [6]

1.19 Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté la centrale thermique de CAP-DJINET dans sa globalité. Le chapitre suivant sera consacré à l'étude des différents composants et le fonctionnement de la nouvelle centrale électrique.

Chapitre : 02

Principe de fonctionnement de la centrale électrique

Chapitre 02 :

Principe de fonctionnement de la centrale électrique

2.1 Introduction

La centrale électrique produit de l'énergie électrique à partir d'énergie chimique (combustion de combustible) par l'intermédiaire de vapeur d'eau dans un circuit fermé. Les transformations importantes du circuit sont : la transformation de l'énergie chimique en énergie calorifique par la combustion. Ensuite transformation de l'énergie calorifique en énergie mécanique par la turbine et enfin transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique à l'aide de l'alternateur.

Les unités industrielles de productions d'électricité consomment de grandes quantités de combustibles qui sont en générale des ressources limités et non renouvelables, pour cela il est souhaitable d'optimiser l'utilisation de ces ressources, l'idéal est d'utiliser aux maximum les énergies avant de les évacuer dans la nature.

Dans ce chapitre nous allons identifier les différentes composantes et leur rôle dans les circuits et étudier le fonctionnement général de la nouvelle centrale électrique.

Pour répondre à la demande en électricité de consommateurs de différentes natures (particuliers, industriels, tertiaires, collectivités) et répartis sur l'ensemble d'un territoire, il faut utiliser des moyens de production industriels permettant de produire de l'électricité en grandes quantités. Cette opération est réalisée dans des centrales électriques par la mise en rotation, grâce à la force du vent, de l'eau ou de la vapeur d'eau, d'une turbine qui entraîne un alternateur.

2.2 Centrale à cycle combiné

Une centrale à cycle combiné, généralement appelée CCGT (Combined Cycle Gas Turbine), ou TGV (Turbine Gaz-Vapeur), est une centrale thermique qui associe deux types de turbines : turbine à combustion et turbine à vapeur. Chacune de ces turbines entraîne une génératrice qui produit de l'électricité (configuration "multi-arbres" ou "multi-shaft") ou les deux types de turbines sont couplées à la même génératrice (configuration "single-shaft")

Les CCGT sont conçus pour un fonctionnement en semi-base (entre 2 000 et 6 000 h/an) et constituent un moyen d'ajustement du parc de production, concourant ainsi au bon fonctionnement du réseau électrique. Dans une centrale à cycle combiné, la turbine à combustion est actionnée par les gaz issus de la combustion à haute température (jusqu'à 1 500 °C). En sortie les fumées produites par la combustion sont encore suffisamment chaudes (entre 400 °C et 650 °C environ) pour permettre de générer de la vapeur dans une chaudière au moyen d'échangeurs de chaleur. La vapeur ainsi produite entraîne une turbine à vapeur. Il est enfin nécessaire de disposer d'une source froide (eau de rivière - eau de mer – aéro réfrigérant) pour évacuer la chaleur nécessairement produite par le cycle vapeur (second principe de la thermodynamique). Différentes configurations de centrale sont possibles : on peut par exemple soit avoir une turbine à combustion, une turbine à vapeur et un alternateur sur la même ligne d'arbre, soit avoir une turbine à combustion avec son alternateur et une turbine à vapeur avec son alternateur, soit deux turbines à combustion avec chacune son alternateur et une turbine à

de détente de la turbine à combustion. Cette dernière est solidaire d'un axe qui entraîne un alternateur (3) qui produit l'électricité. Le transformateur (4) élève la tension pour permettre son injection dans le réseau électrique (5). [12]

Le deuxième cycle a lieu à la sortie des gaz chauds de la turbine à gaz (2). Ces gaz sont injectés dans une chaudière de récupération (6) puis sont ensuite évacués dans l'atmosphère par la cheminée. Leur composition est de l'ordre de 86% d'air, 9% de vapeur d'eau et 4% de CO₂. La vapeur produite dans cette chaudière est utilisée dans une turbine à vapeur (8), elle-même couplée à l'axe de l'alternateur (3). La vapeur, après avoir restitué son énergie, est envoyée dans un condenseur (9) pour repartir ensuite vers la chaudière de récupération sous forme d'eau (10). Puis cette eau sera de nouveau vaporisée.

L'énergie électrique fournie par alternateur va être évacuée à travers le disjoncteur alternateur ou disjoncteur groupe pour ensuite aller vers le transformateur principal qui verra la tension de **15,5KV** à **400KV**. Après le transformateur principal TP, l'énergie fournie transitera à travers le disjoncteur ligne (poste blindé **SF6**) pour alimenter le réseau **400KV** au niveau des postes Affroun, Akbou et Si Mustapha.

A noter que juste avant le **transfo TP**, il y a un soutirage d'une partie de l'énergie électrique produite qui ira alimenter le transformateur de soutirage **TS** pour transformer la tension de sortie alternateur **22KV en 6KV** et alimenter ainsi les auxiliaires électriques du groupe. C'est une auto alimentation des auxiliaires propres au groupe qui consomment environ **8MW** par tranche. On fournira donc une puissance unitaire **BU** (borne usine) de **168 MW** par groupe. La puissance totale fournie au réseau. [12]

2.4 Fonctionnement centrale électrique

Les centrales thermiques fournissent près de la moitié de la demande mondiale d'électricité, elle utilise l'eau comme vecteur d'énergie. en faisant tourner l'arbre de ce générateur on pourra produire de l'électricité, le générateur est alimenté par une turbine à vapeur le cœur de la centrale, pour faire tourner la turbine à vapeur il faut fournir une vapeur à haute pression et haute température à l'entrée de la turbine au fur à mesure que la turbine absorbe l'énergie du fluide à haute énergie sa pression et la température baisse jusqu'à la sortie, les centrales électriques à haute capacité utilisent souvent différents étages de turbines à vapeur comme les turbines à haute pression, les turbines à pression intermédiaire, turbine à basse pression. Si nous ramener à son état initial la vapeur à basse pression et à basse température qui était d'une pression et d'une température beaucoup plus élevée nous pouvons répéter le processus, la première étape consiste à augmenter la pression, la solution la plus simple consiste à transformer la vapeur en liquide et à augmenter la pression pour ce faire on introduit des échangeurs de la chaleur dans le condenseur qui se trouve sous la turbine basse pression, dans le condenseur en courant d'eau froide circule dans les tubes, la vapeur se condense en arrivant dans ce flux liquide, on peut maintenant utiliser une pompe pour augmenter la pression de l'eau d'alimentation en générale on utilise pour cela un pompage centrifuge à plusieurs étages façon la pression reviendra à son état initial, la tâche suivante consiste à ramener la température à sa valeur initiale pour ce la chaleur est ajoutée à la sortie de la pompe à l'aide d'une chaudière les centrales électriques de grande capacité utilisent généralement un

type de chaudière appelée chaudière à tube d'eau, l'eau en 30 passe d'abord par une opération visant à économiser l'énergie ,ces tout va alors capter l'énergie des gaz de combustion ,l'eau passe par un collecteur puis par des parois d'eau ou elle se transforme en vapeur ,la vapeur purée séparés dans un tambour à vapeur .le flux de travail est alors ramené son état initial haute pression et haute température ,cette vapeur peut être réinjectés dans la turbine à vapeur ,et le cycle peut être répété encore et encore pour une production d'énergie continue, mais une centrale électrique travaillant sur le cycle de basse de Rankine aura un très faible rendement et une faible capacité ,nous pouvons augmenter considérablement le rendement de la centrale à l'aide de quelques techniques simples ,en cas de surchauffe même après que le liquide et transformée en vapeur on ajoute encore plus de chaleur et ainsi la vapeur sera surchauffée plus la température de la vapeur est élevé plus le cycle est efficace ceci est conforme au théorème de Carnot sur l'efficacité thermique maximale possible mais le matériau de la turbine à vapeur ne supportera pas des températures supérieures à 600 degrés Celsius donc à la surchauffe est limité à ce seuil ,la température de la vapeur diminue à mesure qu' elle s'écoule le long des rangées de pales par conséquent une bonne façon d'augmenter le rendement de la centrale et d'ajouter plus de chaleur après le premier étage de la turbine ,c'est ce que l'on appelle le réchauffement et cela augmentera à nouveau la température de la vapeur ce qui conduira à une puissance élevée et un meilleur rendement ,les côtés basse pression de la centrale intendance à aspirer l'air atmosphérique même avec des dispositifs d'étanchéité sophistiqués ,les gaz dissous dans l'eau de l'alimentation détériore le matériau de la chaudière au fil du temps pour éliminer ces gaz dissous un réchauffeur d'eau d'alimentation ouvert est introduit dans le système ,la vapeur chaude de la turbine est mélangé à l'eau d'alimentation les bulles de vapeur ainsi produite absorberont les gaz dissous ,le mélange préchauffe également l'eau d'alimentation ce qui permet d'améliorer encore plus l'efficacité de la centrale électrique ,tous ces techniques permettent à la centrale électrique moderne de fonctionner avec un rendement compris entre 40et45%. [1]

2.5 Qu'est-ce qu'un cycle combiné

C'est la combinaison de deux processus thermodynamiques pour la production D'énergie électrique. Un premier processus consiste à brûler du gaz dans une turbine de gaz, et un second processus consiste à profiter des gaz d'échappement de la turbine de gaz pour produire de la vapeur dans une chaudière de récupération de chaleur pour finalement la développer dans une turbine de vapeur. [10]

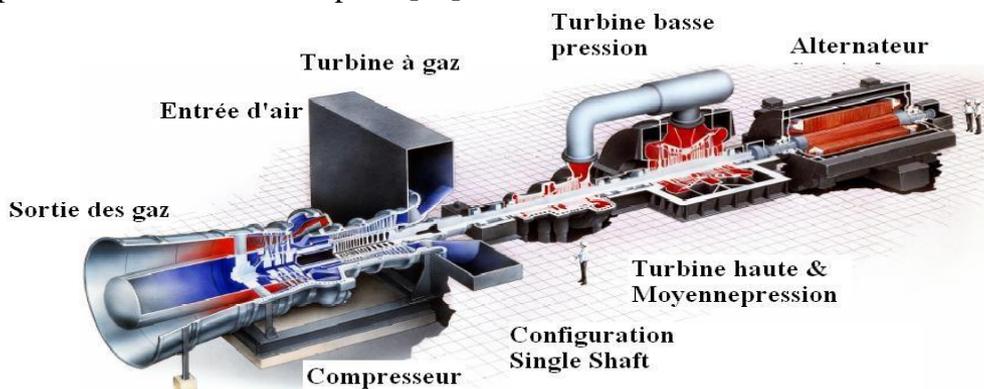


Figure 2.2 : Disposition d'un cycle combiné. [10]

2.5.1 Principe de fonctionnement (cycle brayton)

Une turbine à combustion transforme une partie de l'énergie fournie par le combustible en énergie mécanique pouvant ensuite être convertie en électricité au moyen d'un électrique. Cette fraction (généralement moins de 50 %), dépend du cycle thermodynamique choisi ainsi que des températures supérieure et inférieure atteintes par le cycle. Pour des températures données, le cycle de Carnot théorique possède l'efficacité énergétique théorique maximale. En combinant deux cycles, voire plus, tels que le cycle de Baryton et le cycle de Rankine, on peut augmenter l'efficacité énergétique du système. Les centrales à cycle combiné avec turbine à combustion fonctionnant au gaz les plus récentes atteignent ainsi des rendements sur pouvoir calorifique inférieur (PCI) de plus de 60 % (centrale thermique de Bouchain avec 62,22 % en mars 2016 , centrale japonaise de Chubu Electric Power Nishi-Nagoya Thermal Power Station Unit 7-1 avec 63,08 % en mars 2018), contre 35 % pour les centrales thermiques au gaz classiques avec chaudière.

Le gaz naturel et le fioul (léger) peuvent être utilisés directement. Il existe également des installations utilisant la gazéification d'autres combustibles comme le charbon : les centrales de type cycle combiné à gazéification intégrée (CCGI). [13]

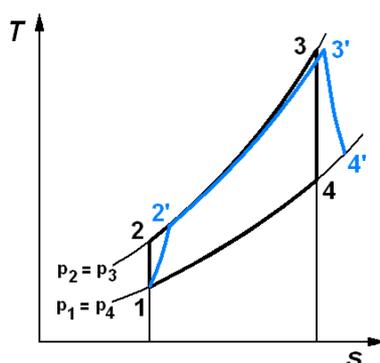


Figure 2.3 : Diagramme Température-Entropie du cycle théorique et réel de Brayton. [10]

2.6 Différents types de cycles de centrale

2.6.1 Cycle Brayton

Le cycle de Brayton est un cycle thermodynamique à caloporteur gaz. Il tient son nom de l'ingénieur américain George Brayton (1830–1892) qui l'a développé, bien que son invention soit attribuée à Barber en 1791. Il est aussi connu sous le nom du cycle de Joule. Le cycle d'Ericsson lui est similaire, bien qu'il utilise une source de chaleur externe et qu'il incorpore un régénérateur. [14]

2.6.2 Cycle de Rankine

Le cycle de Rankine est un cycle thermodynamique end réversible qui comprend deux isobares et deux adiabatiques. C'est le cycle qui se rapproche le plus du cycle de Carnot. Il se distingue de ce dernier par la substitution de deux transformations isobares aux deux transformations isothermes, ce qui rend possible sa réalisation technique.

Il fut inventé par William John Macquorn Rankine (1820-1872) qui lui donna son nom. [14]

2.7 La Turbine à Combustion (TAC)

Ou plus exactement turbine à gaz, est une machine tournante thermodynamique appartenant à La famille des moteurs à combustion interne, une telle turbine sert à produire soit du travail par L'entraînement en rotation d'un arbre lui-même couplé à une machine industrielle ou à hélice Soit une propulsion, par détente des gaz en sortie de turbine dans une tuyère, comme dans un Moteur à réaction. Les centrales de ce type associent une TAC (Turbine à Combustion) et une turbine à vapeur. Les combustibles brûlés sont du gaz ou du fioul. Ce type de centrale peut être facilement implanté au plus près des lieux de consommation (zones urbaines, installations industrielles, sites EDF existants). [15]

2.8 La production de la vapeur industrielle

La vapeur est produite dans le HRSG (générateur de vapeur à récupération De chaleur). Fondamentalement, le HRSG emploie l'énergie de gaz d'échappement pour produire de la vapeur. La vapeur est alors dirigée vers la turbine à vapeur ou toute autre application de vapeur (chauffage, processus...). [10]

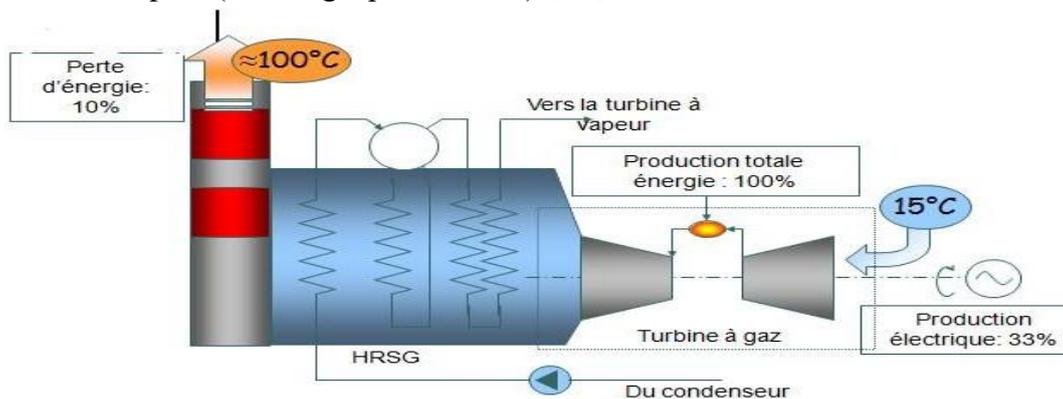


Figure 2.4 : Production de la vapeur industrielle. [10]

2.9 Différents composants de cycle combiné

2.9.1 Chaudière de récupération HRSG

La chaudière de récupération ou générateur récupérateur de vapeur (GVR) est l'élément du cycle combiné qui fait le lien entre le cycle à gaz et le cycle eau-vapeur.

L'amélioration des performances des cycles combinés est certes liée aux progrès technologiques des turbines à gaz et des turbines à vapeur, mais aussi aux développements des chaudières (augmentation de l'énergie récupérée dans les gaz d'échappement des turbines à gaz, positionnement des échangeurs de chaleur plus complexe, tenue des matériaux...).

Les chaudières de récupération sont un assemblage d'échangeurs dont le nombre et l'arrangement dépendent de la puissance à transmettre. Indépendamment de la configuration de la chaudière, on distingue deux catégories en fonction de l'arrangement des échangeurs qui est soit vertical, soit horizontal. Une autre différenciation est possible selon que la circulation est assistée, forcée ou naturelle. [6]



Figure 2.5: chaudière de récupération HRSG. [1]

2.9.1.1 Les principaux composants du générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG)

Ballon vapeur haute pression (HP)

Le Ballon vapeur HP est conçu pour séparer le mélange de vapeur et d'eau pour fournir de la vapeur saturée de haute pureté au surchauffeur HP et pour absorber les à-coups de l'évaporateur pendant les transitoires de démarrage et de fonctionnement.

- Pression nominale: 139.6 Bar (g)
- Température nominale: 341°C [1]

Ballon vapeur pression intermédiaire (IP)

Il est conçu pour séparer le mélange de vapeur et d'eau et pour fournir de la vapeur saturée de haute pureté à la surchauffeur IP.

- Pression nominale : 35 Bar (g)
- Température nominale: 249°C [1]

Ballon vapeur basse pression (LP)

Le Ballon vapeur LP est conçu pour séparer le mélange de vapeur et d'eau et pour fournir de la vapeur saturée de haute pureté à la surchauffeur.

- Pression nominale: 8 Bar (g)
- Température de nominale: 180°C [1]

Sections économiseur

Est le dernier échangeur sur le trajet des fumées. Son but est de réchauffer l'eau d'alimentation jusqu'à une température d'approche proche de la température de saturation.

Sections évaporateur

Ou vaporisateur est le seul échangeur du dispositif qui n'élève pas la température du fluide.

Sections surchauffeur est le premier échangeur traversé par la fumée. Il porte la vapeur à des conditions d'utilisation. L'installation porte un ballon de chaudière dans lequel règne un équilibre eau vapeur. Il assure un certain relais entre les différents échangeurs et son état

(pression, température, niveau etc.) est étroitement surveillé, car il est le garant du bon fonctionnement de la chaudière de récupération. [6]

Section réchauffeur (pour la section IP)

La fonction principale de la section réchauffeur est de chauffer la vapeur de réchauffage à froid jusqu'à la température de vapeur de réchauffage à chaud.

Dégazeur Intégral Ballon LP

Le dégazeur a pour fonction d'éliminer les gaz non condensables comme l'O₂ et le CO₂ des condensats lors du remplissage initial de la chaudière et du démarrage de l'installation. Il fait partie intégrante du Ballon basse pression (LP). Le Ballon LP agit comme un réservoir de stockage pour le dégazeur. [6]

Cheminée HSRG avec Silencieux

La chaudière génère des fumées qui nécessitent d'être évacuées. Ces fumées peuvent être évacuées via la cheminée principale, La cheminée du HRSR et son silencieux sont fournis pour acheminer les gaz d'échappement de la turbine à gaz depuis la sortie du HRSR vers l'atmosphère. Des ports d'échantillonnage sont fournis dans la cheminée pour les contrôles d'émission. Les gaz d'échappement chauds de la turbine à gaz font du bruit. De ce fait, un silencieux est fourni afin de réduire le bruit en sortie de cheminée. [6]

2.9.2 Condenseur

Le condenseur utilisé dans l'installation est un échangeur à échange par surface. Il est placé sous la turbine à basse pression(LP). La vapeur se condense au contact des parois des tubes, dans les quelles passe l'eau de mer source froide qui évacue la chaleur résulte du changement d'état, les fonctions principales du condenseur sont :

- D'assurer la condensation de la vapeur évacuée par la turbine à basse pression corps BP) et réintroduire le condensât dans le circuit eau-vapeur post d'eau
- D'augmenter la chute d'enthalpie dans la turbine en établissant une dépression afin d'obtenir un rendement aussi élevé que possible.
- De dégazer le condensant et d'évacuer les incondensables. Le condenseur est constitué de deux demi-condenseurs.

Dans le condenseur circule l'eau de mer.

Cette conception permet de faire fonctionner un demi-condenseur et éventuellement entretenir le deuxième [17].

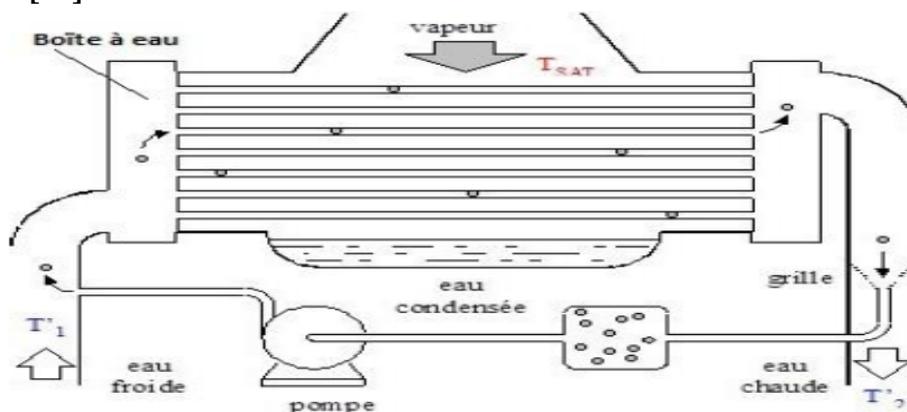


Figure 2.6 : Les éléments d'un condenseur.

2.9.3 Turbine à gaz

Les Turbine à gaz font partie des turbomachines définies par Râteau comme étant des appareils dans lesquels a lieu un échange d'énergie entre un rotor tournant autour d'un axe à vitesse constante et un fluide en écoulement permanent. Une Turbine à gaz appelée aussi turbine à combustion, est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne dont le rôle est de produire de l'énergie mécanique (rotation d'un arbre) à partir de l'énergie contenue dans un hydrocarbure (fioul, gaz...). [18]

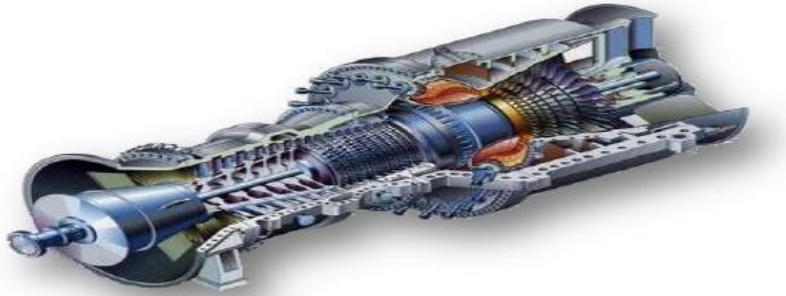


Figure 2.7 : Turbine à gaz [18].

2.9.3.1 Les éléments d'une turbine à gaz

Dans sa forme la plus simple et la plus répandue, une turbine à gaz est composée de trois éléments :

Section compression : est de type axial du fait qu'il est capable de délivrer des débits d'air élevé, nécessaires pour obtenir une puissance utile et cela dans un espace réduit, il sert également à fournir une source d'air nécessaire pour les parois des directrices, des aubes et des disques de la turbine.

Section combustion : la combustion du mélange air-gaz a lieu dans cette section. Elle est déclenchée par des bougies, lorsque l'allumage se produit dans une des chambres, les gaz chauds de combustion passent dans des tubes foyers et vont allumer le mélange des autres chambres.

Section turbine : la section turbine est la partie où les gaz chauds venant de la section combustion sont convertis en énergie mécanique, cette section comprend les éléments suivants : corps de turbine, tuyère 1 étage, roue de turbine 1 étage, tuyère 2 étage, roue de turbine 2 étage. [19]

2.9.3.2 Combustibles des turbines à gaz

Dans les chambres de combustion traditionnelles, le combustible et l'air sont injectés séparément. La réaction est souvent désignée « diffusion de flamme » et la chambre est qualifiée de « chambre de diffusion » le carburant n'est pas pré-mélangé avec l'air avant la réaction et celle-ci se déroule à l'interface entre le combustible et l'air.

Dans la zone primaire de la chambre de combustion d'une turbine à gaz, l'injection des réactifs, leur mélange, leur évaporation et la réaction se déroulent simultanément à travers le volume de la zone de recirculation. Par ailleurs, le mélange de l'air et du combustible avant la réaction dépend des propriétés du combustible, du système d'injection et le temps du mélange avant la réaction. [20]

2.9.3.3 Principe de fonctionnement

Une turbine à gaz fonctionne de la façon suivante :

- Elle extrait de l'air du milieu environnant
- Elle le comprime à une pression plus élevée
- Elle augmente le niveau d'énergie de l'air comprimé en l'ajoutant le combustible
- Elle achemine de l'air à pression et à température élevées vers la section de la turbine, qui convertit l'énergie thermique en énergie mécanique pour faire tourner l'arbre, ceci sert d'un côté, à fournir l'énergie utile à la machine conduite, couplée avec la machine au moyen d'un accouplement et de l'autre coté à fournir l'énergie nécessaire pour la compression de l'air, qui a lieu dans un compresseur relié directement à la section turbine.
- Elle décharge à l'atmosphère les gaz à basse pression et température. [21]

2.9.4 Turbine à vapeur

Une turbine à vapeur est un dispositif rotatif destiné à utiliser l'énergie cinétique d'un fluide liquide comme l'eau ou gazeux (vapeur, air, gaz de combustion), pour faire tourner un arbre solidaire des pales de la turbine.

L'énergie du fluide, caractérisé par sa vitesse et son enthalpie, est partiellement convertie en énergie mécanique pour entrainer un alternateur, une pompe ou tout autre récepteur mécanique rotatif. [22]



Figure 2.8: turbine à vapeur. [22]

2.9.4.1 Fonctionnement de la turbine à vapeur

Bien que les turbines à vapeur soient construites selon deux configurations différentes (à action ou à réaction), leurs éléments essentiels sont similaires. Elles se composent de tuyères ou de jets ; et d'ailettes (aubes), la vapeur s'écoule dans les tuyères, dans lesquelles elle se dilate, ainsi sa température diminue et son énergie cinétique augmente, la vapeur en mouvement exerce une pression contre les aubes, entrainant leur rotation, la disposition des jets et des aubes fixes dépend du type de turbine à la sortie du dernier condenseur l'eau peut être de nouveau vaporisée et surchauffée, l'eau ou la vapeur récupérée en sortie est ramenée vers la chaudière par des pompes , la turbine à vapeur utilise les principes de thermodynamique , lorsque la vapeur se dilate sa température est donc son énergie interne diminuent, cette diminution de l'énergie internes accompagne d'une augmentation de

l'énergie cinétique sous forme d'une accélération des particules de vapeur à dételles vitesses, l'énergie disponible est très importante lorsque la pression de la vapeur d'eau en sortie de la turbine est égale à la pression atmosphérique, la turbine est dite à condensation. [23]

2.9.4.2 Description de la turbine à vapeur

La turbine à vapeur comprend une partie fixe appelée stator qui porte des aubages directeurs, la vapeur en provenance de l'évaporateur est admise dans un collecteur, elle s'écoule ensuite dans des canaux fixes et dans des canaux mobiles, les canaux fixes et mobiles se succèdent les uns à la suite des autres dans le sens de l'écoulement, la vapeur en provenance du générateur de vapeur est introduite dans les premières étapes de la turbine à travers des vannes d'admission et des soupapes de réglage asservies aux dispositifs de sécurité et de réglage de la turbine, la vapeur est détendue adiabatique ment en produisant un travail mécanique, la détente de la vapeur à travers les divers étages de la turbine se fait de façon différente selon qu'il s'agisse de turbines à action ou à réaction. [23]

2.9.4.3 Aubage et grilles d'aubes

Grille d'aubes

On appelle grille d'aubes un ensemble fixe ou mobile d'obstacles profilés déduit les uns des autres par un déplacement géométrique, conçues d'une manière très spéciale afin de guider, L'écoulement du fluide et pour échange avec lui les efforts mécanique. La vitesse du fluide par rapport à Chaque grille d'aubes fixes ou mobiles d'une turbine axiale est définie par trois vecteurs Différents V , W , U représentent respectivement la vitesse de la vapeur, la vitesse absolue et la vitesse relative Et la vitesse de l'aube. Le débit de vapeur provient du distributeur Vitesse absolue V , la lame suit la vitesse tangentielle (conduite) combinée U Déduire la vitesse relative de ces deux vitesses W . [24]

Aubage

On définit les aubes comme étant des obstacles profilés plongés dans un écoulement formant entre elles des canaux à travers lesquelles le fluide circule. Spécialement conçu pour assurer Le débit peut fournir un travail mécanique. Lames des deux côtés : l'intrados et l'extrados, la vapeur est déviée dans le canal du rotor, ce qui crée une différence de pression Sur l'intrados et l'extrados. Dans le fonctionnement des turbines industrielles, Importance économique, il faut donc attirer différentes disciplines comme l'aérodynamique, Résistance des matériaux, caractéristiques physiques des vibrations pour obtenir la meilleure lame Plan de profit global. [24]



Figure 2.9 : Aubage de turbine à vapeur. [24]

2.9.4.4 Profils d'aubes

Le profil de la lame est caractérisé par un profil dont la courbure change d'une certaine manière. Résistance mécanique continue et élevée. Atteindre toujours son profil d'aube, Les fabricants de turbines sont particulièrement intéressés, et cela se reflète dans Les variantes que nous rencontrons, lors de l'étude d'un profil d'aube, doivent non seulement se rencontrer Il appartient aux conditions de M.D.F, mais comprend également des conditions liées à la résistance et à la fabrication. C'est Surtout depuis les années 1960, les gens ont fait de gros efforts pour calculer La qualité aérodynamique du profil. C'est maintenant dans une gamme de différentes possibilités Condition ; déterminer la quantité appropriée pour caractériser la qualité aérodynamique et La résistance à la flexion du profilé permet un choix judicieux entre différents matériaux Variantes. [24]

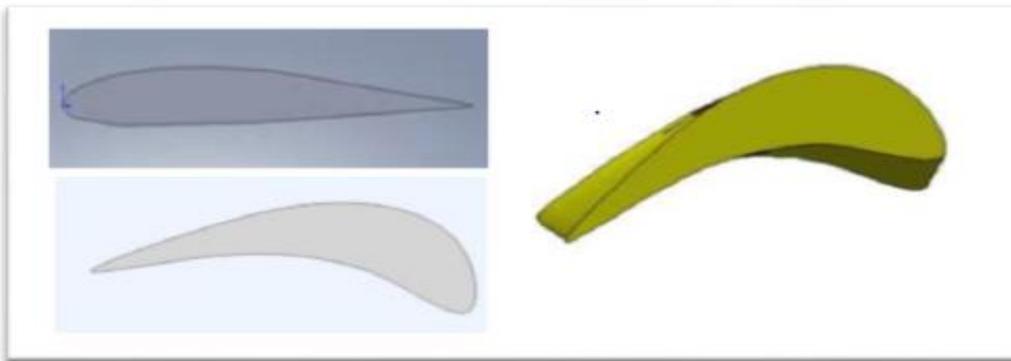


Figure 2.10 : Exemples de profils d'aube. [24]

2.9.5 Le cycle de Rankine

Le cycle de Rankine est le cycle de puissance à vapeur qui forme la base thermodynamique pour la plupart des centrales électriques à vapeur. Ces centrales peuvent utiliser du charbon, de l'huile, du gaz ou de l'énergie nucléaire comme carburant pour une source à haute température, mais l'exploitation thermodynamique de base reste équitablement la même.

- **Pour la chaudière à vapeur**, il serait question d'un processus d'ajout de chaleur réversible à pression constante à l'eau pour former de la vapeur.
- **Pour la turbine**, le processus idéal serait une dilatation adiabatique réversible de la vapeur.
- **Pour le condensateur**, il serait question d'un rejet de chaleur réversible à pression constante alors que la vapeur se condense jusqu'à ce qu'elle devienne un liquide saturé.
- **Pour la pompe**, le processus idéal serait une compression adiabatique réversible de ce liquide se terminant à la pression initiale.

Quand tous les quatre processus susmentionnés sont idéaux, le cycle est un cycle idéal, appelé cycle de Rankine idéal. Il s'agit d'un cycle réversible. [25]

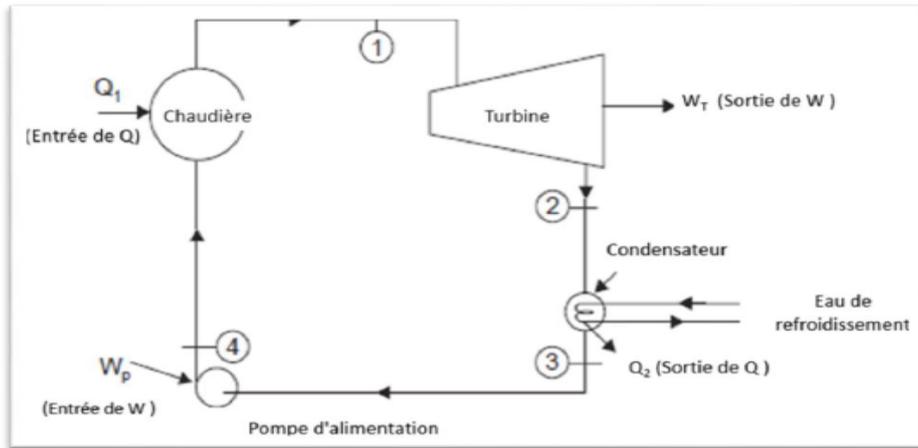


Figure 2.11 : Cycle de Rankine. [25]

Il y a quatre processus dans le cycle de Rankine. Ces états sont identifiés par des numéros dans le diagramme T-S () présenté ci-dessous :

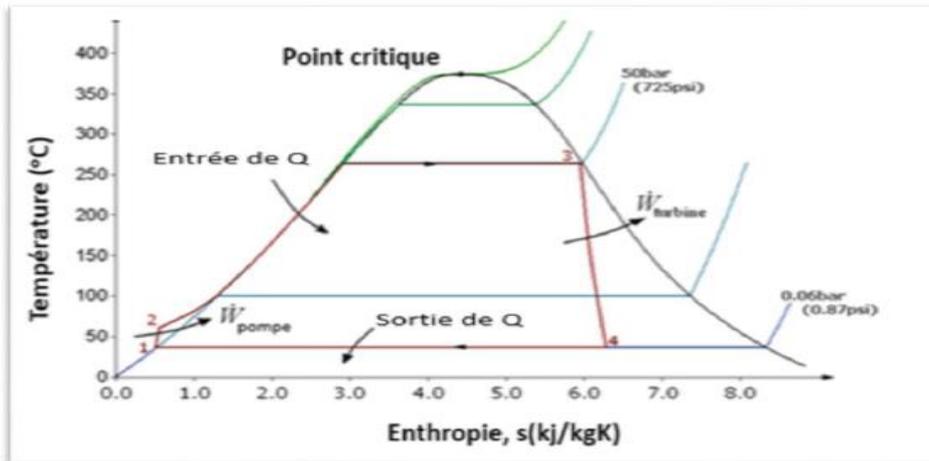


Figure 2.12 : Diagramme T-S pour cycle de Rankine. [25]

- **Processus 1-2** : Le fluide de fonctionnement est pompé d'une basse pression à la haute pression. Alors que le fluide est un liquide à ce stade, la pompe exige peu d'énergie d'entrée.
- **Processus 2-3** : Le liquide sous haute pression entre dans une chaudière où il est chauffé à une pression constante par une source thermique externe pour devenir une vapeur saturée déshydratée. L'énergie d'entrée nécessaire peut être facilement calculée graphiquement, en utilisant un diagramme d'enthalpie-entropie c'est à dire diagramme de Molliere), où numériquement en utilisant des tableaux de vapeur.
- **Processus 3-4** : La vapeur saturée déshydratée se dilate à travers une turbine, générant une puissance. Cela diminue la température et la pression de la vapeur, et une condensation peut avoir lieu. Le rendement dans ce processus peut être facilement calculé en utilisant le diagramme ou des tableaux notés ci-dessus.
- **Processus 4-1** : La vapeur hydratée entre dans un condensateur où elle est condensée à une pression constante pour devenir un liquide saturé.
- L'efficacité du cycle de Rankine : $\eta_{Rankine} = \text{Travail net} / \text{Chaleur fournie}$
Ou : $\eta_{Rankine} = W_{net} / Q_1 = (W_T - W_P) / Q_1$

Où, W_T = Travail de turbine, W_P = Travail de pompe & Q_I = Chaleur fournie. [25]

2.10 Configurations des capteurs dans la turbine à vapeur de l'unité 70 [1]

Dans la turbine à vapeur on trouve plusieurs des capteurs, ces capteurs envoyer des messages vers la salle de commande, pour mesurée la température et vibration etc...

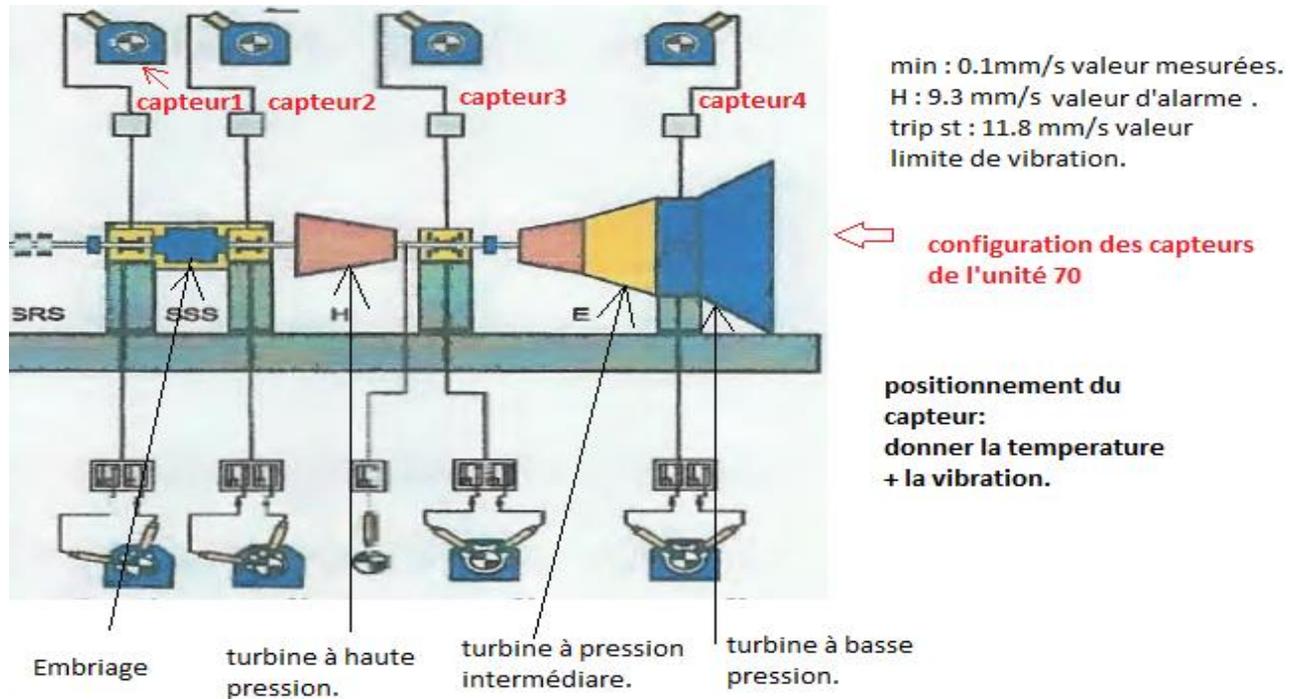


Figure 2.13 : positionnement des capteurs l'unité 70 [1].

Les mesures on trouve dans la salle de commande, il affiche dans logiciel nommée workbench.comme la (figure 2.15) :

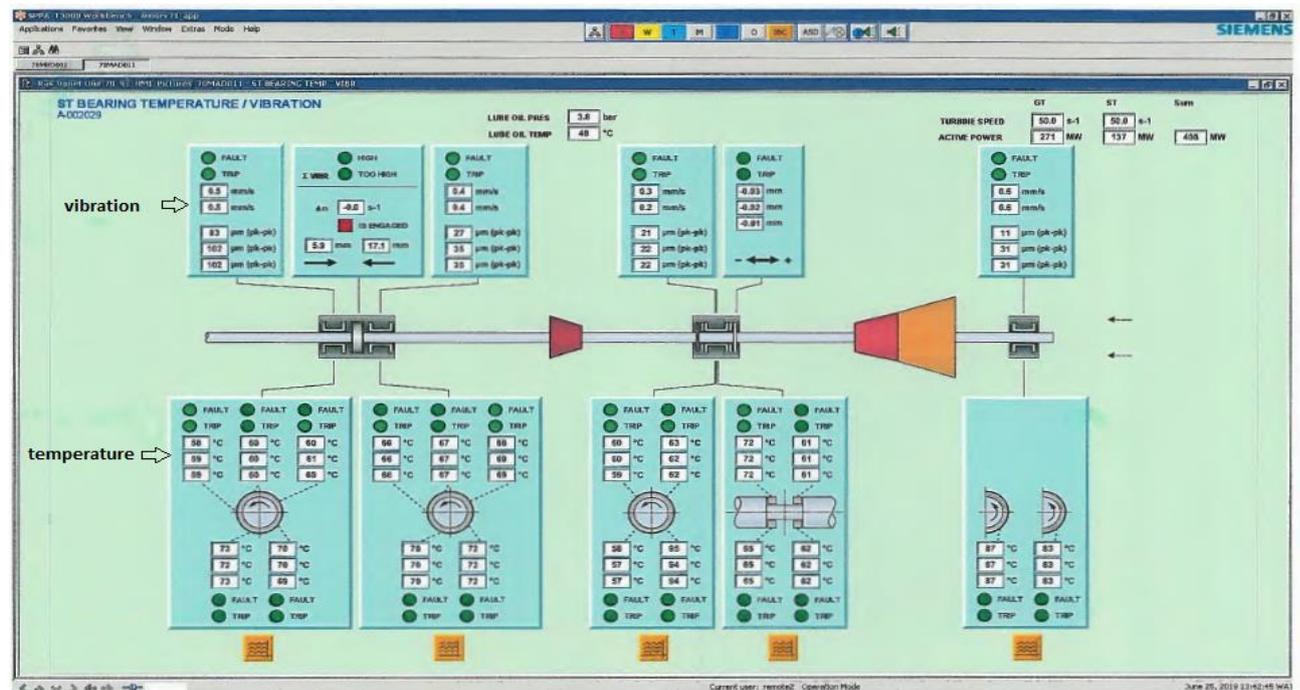


Figure 2.14: ST BEARING TEMPERATURE / VIBRATION [1].

L'ingénieur voit ces résultats et lorsque il y'a anomalie il est réagi manuellement, les valeurs mesurées elles sont décomposées par trois catégories et chaque mesure appartenir à une zone :

Tableau 2.1: zone des vibrations. [1]

Zone A	The vibration of newly commissioned machines would normally fall within this zone.
Zone B	Machines with vibrations within this zone are normally considered acceptable for unrestricted long-term operation.
Zone C	Machines with vibrations within this zone are normally considered unsatisfactory for long-term continuous operation. Generally, the machine may be operated for a limited period in this condition until a suitable opportunity arises for remedial action.
Zone D	Machines with vibrations within this zone are considered as not acceptable for operation. Correction required.

Chaque zone contient des valeurs à travers lesquelles vous pouvez connaître le type d'effet et permettre au système d'interagir automatiquement :

Tableau 2.2: valeurs mesurées pour les turbines à vapeur [1]

Zone	Values for steam turbines and generators [mm/s eff]
A / B	3,8
B / C	7,5
C / D	11,8

Chaque zone comprend des avertissements, des niveaux, des intervalles :

Tableau 2.3: l'état de chaque zone [1]

Zone	[mm/s eff] Values for steam turbine and generators
Warning	5,0
Alarm	7,0

Par exemple :

Vibration :

Avertissement Niveau 1

[9.3 ; 11.8 [-Le système dans la zone C/D. travaillée pendant de durée 0.1s.

Arrêt manuel recommandé.

Avertissement Niveau 2

Supérieur à 11.8 - le système dans la zone warning.

Arrêt automatique du groupe.

2.11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons parlé de la particularité et des caractéristiques de chaque élément avec sa façon de fonctionner, en plus de mentionner en négligeant les événements autour desquels s'articule notre projet. En mesurant la température et la vitesse d'oscillation. Le prochain chapitre abordera les outils nécessaires pour résoudre ce problème.

Chapitre : 03

Description de la partie matérielle et logiciel

Chapitre : 03

Description la partie matérielle et logicielle

3.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de mettre l'accent sur la description des différents matériels et logiciels qu'on a utilisés pour la réalisation, programmation et création d'une application Androïde. A savoir :

- Carte Arduino.
- Capteur de température LM35DZ.
- Capteur de vibration piézoélectrique.
- Module WIFI ESP8266.
- Application Android.
- Buzzer.

3.2 Présentation d'Arduino

Arduino est une plate-forme de prototypage d'objets interactifs à usage créatif constituée d'une carte électronique et d'un environnement de programmation. Sans tout connaître ni tout comprendre de l'électronique, cet environnement matériel et logiciel permet à l'utilisateur de formuler ses projets par l'expérimentation directe avec l'aide de nombreuses ressources Disponibles en ligne.

Pont tendu entre le monde réel et le monde numérique, Arduino permet d'étendre les capacités de relations humain/machine ou environnement/machine. Arduino est un projet en source ouverte : la communauté importante d'utilisateurs et de concepteurs permet à chacun de trouver les réponses à ses questions.

Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électrotechnique industrielle et embarquée ; le modélisme, la domotique mais aussi dans des domaines différents comme l'art Contemporain et le pilotage d'un robot, commande des moteurs et faire des jeux de lumières, communiquer avec l'ordinateur, commander des appareils mobiles (modélisme). [26]

3.2.1 Applications

Le système Arduino nous permet de réaliser un grand nombre de choses, qui ont une Application dans tous les domaines, nous pouvons donner quelques exemples :

- Contrôle les appareils domestiques.
- Faire un jeu de lumières.
- Communiquer avec l'ordinateur.
- Télécommander un appareil mobile.

-Fabriquer votre propre robot.

Avec Arduino, nous allons faire des systèmes électroniques tels qu'une bougie électronique, une calculatrice simplifiée, un synthétiseur, etc. Tous ces systèmes seront conçus avec pour Base une carte Arduino et un panel assez large de composants électroniques. [26]

3.2.2 Bonnes raisons de choisir Arduino

Il existe pourtant dans le commerce, une multitude de plateformes qui permettent de faire la même chose.

Notamment les microcontrôleurs « PIC » du fabricant Micro chip. Nous allons voir pourquoi choisir l'Arduino.

a. Le prix

En vue des performances qu'elles offrent, les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses, ce qui est un critère majeur pour le débutant.

b. La liberté

C'est un bien grand mot, mais elle définit de façon assez concise l'esprit de l'Arduino. Elle constitue en elle-même deux choses :

Le logiciel : gratuit et open source, développé en Java, dont la simplicité d'utilisation relève du savoir cliquer sur la souris.

Le matériel : cartes électroniques dont les schémas sont en libre circulation sur internet. Cette liberté a une condition : le nom « Arduino » ne doit être employé que pour les cartes « officielles ». En somme, vous ne pouvez pas fabriquer votre propre carte sur le modèle Arduino et lui assigner le nom « Arduino ».

Les cartes non officielles, on peut les trouver et les acheter sur Internet et sont pour la quasi-totalité compatibles avec les cartes officielles Arduino.

c. La compatibilité

Le logiciel, tout comme la carte, est compatible sous les plateformes les plus courantes (Windows, Linux et Mac), contrairement aux autres outils de programmation du commerce qui ne sont, en général, compatibles qu'avec Windows.

d. La communauté

La communauté Arduino est impressionnante et le nombre de ressources à son sujet est en constante évolution sur internet. De plus, on trouve les références du langage Arduino ainsi qu'une page complète de tutoriels sur le site arduino.cc (en anglais) et arduino.cc (en Français). [32]

3.2.3 Outils Arduino

A présent, rapprochons-nous de « l'utilisation » du système Arduino et voyons comment il se présente. Il est composé de deux choses principales, qui sont : **le matériel** et **le logiciel**. Ces deux outils réunis, il nous sera possible de faire n'importe quelle réalisation.

Le matériel ; Il s'agit d'une carte électronique basée autour d'un microcontrôleur Atmega du fabricant Atmel, dont le prix est relativement bas pour l'étendue possible des applications. Le logiciel ; Le logiciel va nous permettre de programmer la carte Arduino. Il nous offre une multitude de fonctionnalités. [27]

3.2.4 Types de cartes

Il y a trois types de cartes :

Les dites « officielles » qui sont fabriquées en Italie par le fabricant officiel : Smart Projects

Les dits « compatibles » qui n'est pas fabriqués par Smart Project, mais qui sont totalement compatibles avec les Arduino officielles.

Les « autres » fabriquées par diverse entreprise et commercialisées sous un nom différent (Freeduino, Seeduino, Femtoduino, ...). [26]

3.2.5 La carte UNO

La carte Arduino repose sur un circuit intégré (un mini-ordinateur appelé également microcontrôleur) associée à des entrées et sorties qui permettent à l'utilisateur de brancher différents types d'éléments externes. Côté entrées, des capteurs qui collectent des informations sur leur environnement comme la variation de température via une sonde thermique, le mouvement via un détecteur de présence ou un accéléromètre, le contact via un bouton-poussoir, etc. Côté sorties, des actionneurs qui agissent sur le monde physique telle une petite lampe qui produit de la lumière, un moteur qui actionne un bras articulé, etc. Comme le logiciel Arduino, le circuit électronique de cette plaquette est libre et ses plans sont disponibles sur internet. On peut donc les étudier et créer des dérivés. Plusieurs constructeurs proposent ainsi différents modèles de circuits électroniques programmables et utilisables avec le logiciel Arduino. Il existe plusieurs variétés de cartes arduino. [27]

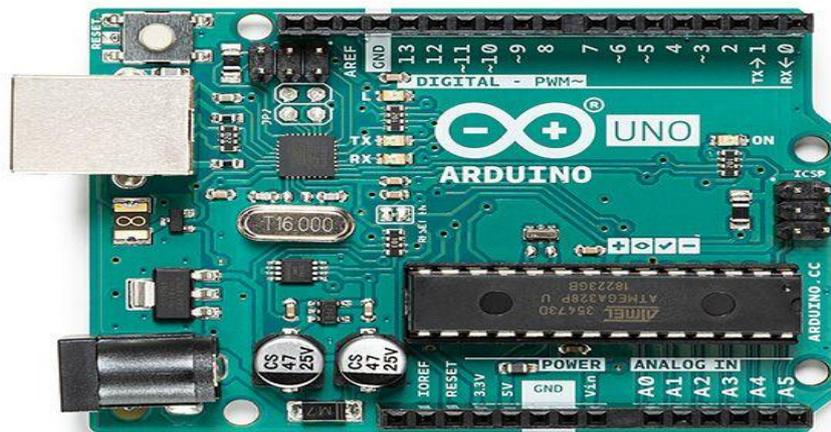


Figure 3.1 : carte Arduino UNO. [27]

3.2.6 Caractéristiques de l'Arduino UNO

Le tableau 3.1 ci-dessous récapitule les caractéristiques essentielles d'une carte Arduino UNO :

Tableau 3.1 : Caractéristiques d'une Carte Arduino. [28]

Microcontrôleur	ATMega328
Tension de fonctionnement	5 V
Tension d'alimentation –entrée (recommandée)	7-12 V
Tension d'alimentation -entrée (limite)	6-20 V
Entrées/Sorties numériques	14 (dont 6 peuvent être utilisées en sortie PWM)
Entrées analogiques	6
Courant DC nécessaire pour les broches entrée/sortie	40 mA
Mémoire FLASH	32 KB (dont 0.5 KB utilisé par le boot loader)
Mémoire SRAM	2 KB
Mémoire EEPROM	1Kb
Fréquence d'horloge	16 Mhz
Longueur	68.6 mm
Largeur	53.4mm

3.2.7 Description générale de l'Arduino UNO

La carte Arduino comporte de nombreux composants qui se combinent pour le faire fonctionner. La figure 3.4 ci-dessous montre les composants principaux de la carte Arduino.

- Les broches d'entrée/sortie numériques : Il existe 11 broches de (2 jusqu'à 13), ils sont utilisés pour envoyer et recevoir des signaux numériques.
- Les broches analogiques : Ce sont des entrées analogiques, il existe 6 broches de A0 jusqu'à A5.
- Les sorties analogiques : Elles sont présentées par 6 broches, elles sont simulées par les broches numériques signalées en tant que PWM à l'aide du symbole « ~ ». Ce symbole apparaît à côté des broches numériques (3, 5, 6, 9, 10 et 11).

- Les broches d'alimentations : Les broches d'alimentation servent à distribuer de l'énergie aux circuits et aux entrées et sorties. La broche Vin, peut être utilisée comme source de courant équivalente à celle utilisée par le connecteur d'alimentation. Il existe trois broches de masse pour fermer le circuit d'énergie, deux masses près des broches analogiques, et une troisième en haut à côté de la broche 13.
- Le connecteur USB : Il est utilisé pour télécharger un programme sur le microcontrôleur. L'Arduino utilise le port USB pour les transferts de données, mais aussi pour sa propre alimentation en énergie.
- Le jack d'alimentation : Une alimentation externe pour répondre à des besoins de puissance qui dépassent les possibilités du port USB.
- Les LED : La carte Uno dispose de quatre diodes de type LED émettant de la lumière nommées L, RX, TX et ON. » ON est verte et signifie que votre Arduino est alimenté. » RX et TX ne s'allument que lorsque des données sont reçues ou émises par la carte. » L est une LED particulière. Elle est directement connectée à la broche 13 et permet de procéder à des tests et des montages simples sans vous obliger à ajouter au circuit une LED externe sur la broche numérique 13. [29]

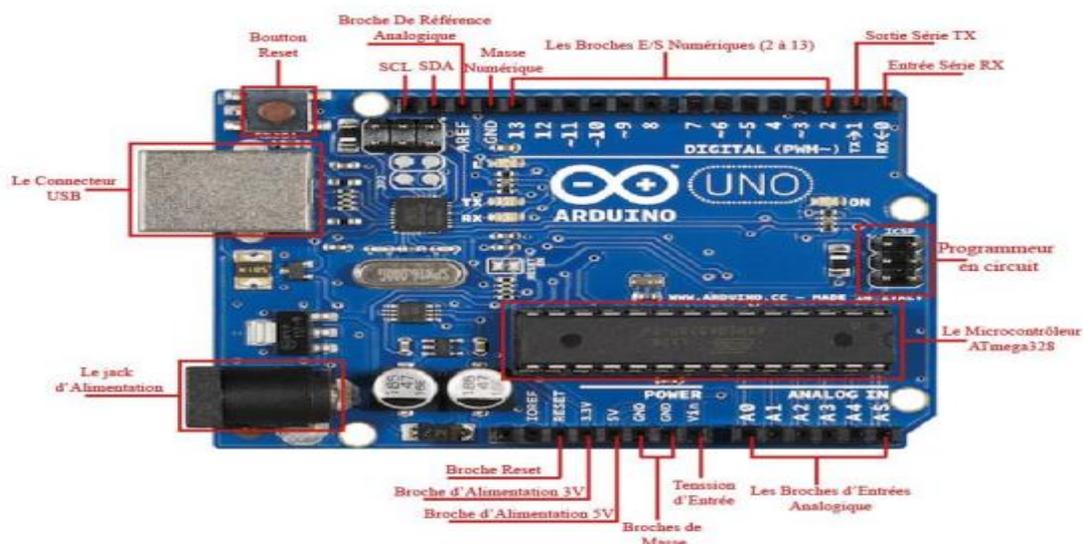


Figure 3.2 : Boitier de l'Arduino UNO. [29]

- Le bouton Reset : Ce bouton réinitialiser l'Arduino quand il est pressé ou au cas de téléchargement d'une autre commande.
- ARFF : Tension de référence pour les entrées analogiques utilisées avec analog Reference.
- Programmeur en Circuit : Ceci est une autre source pour télécharger ou programmer le programme, cela aussi peut être fait en utilisant la sortie « TX » et l'entrée « RX ».
- Broches (SDA) et (SCL) : Elles supportent les communications de protocole I2C.
- Le Microcontrôleur ATmega328 : Le microcontrôleur ATMega328 (voir figure 2.3) est un circuit intégré qui associe plusieurs composants complexes dans un espace réduit au

temps des pionniers de l'électronique. On le désigne aussi par circuit intégré ou puce. C'est le seul composant non soudé ; il est placé sur un support.

De plus, le microcontrôleur ATmega328 est constitué par un ensemble d'éléments qui ont chacun une fonction bien déterminée. Il est en fait constitué des mêmes éléments que sur la carte mère d'un ordinateur. En général, l'architecture interne du circuit programmable comprend les éléments clés suivants :

- La mémoire Flash : c'est celle qui contiendra le programme à exécuter. Cette mémoire est effaçable et reprogrammable de 32Ko (avec un boot loader de 0.5 ko).
- RAM : c'est la mémoire dite "vive", elle va contenir les variables du programme. Elle est dite "volatile", car elle s'efface si on coupe l'alimentation du microcontrôleur, sa capacité est 2 ko.
- EEPROM : c'est le disque dur du microcontrôleur. On y enregistre des infos qui ont besoin de survivre dans le temps, même si la carte doit être arrêtée. Cette mémoire ne s'efface pas lorsque l'on éteint le microcontrôleur ou lorsqu'on le reprogramme. [29]

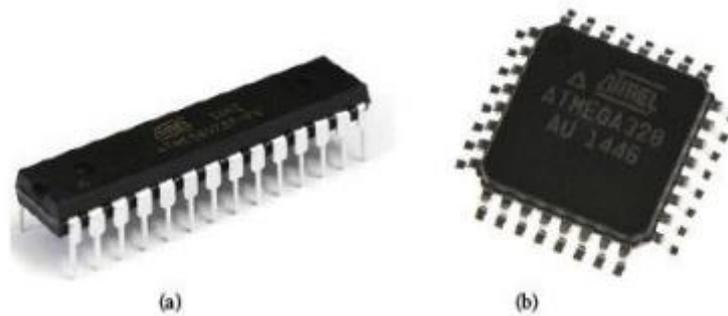


Figure 3.3 : Le Microcontrôleur ATmega328.

(a) Le Composant Classique.

(b) Le Composant CMS.

3.3 Capteurs

Un capteur est un dispositif transformant une grandeur physique à une autre grandeur utilisable, tel qu'une tension électrique ou une intensité ; on fait souvent la confusion entre capteur et transducteur : le capteur est au minimum constitué d'un traducteur.

Le capteur est souvent le premier dispositif de la chaîne d'acquisition, il s'agit d'une simple interface entre un processus physique et une information manipulable. [30]

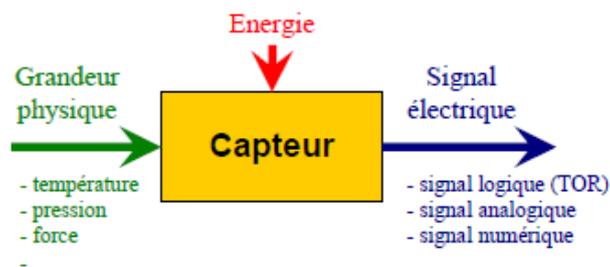


Figure 3.4 : schéma fonctionnement d'un capteur.

3.3.1.2 Caractéristique

- Plage de la tension d'alimentation 0,2 volt à 35 volts
- Sensibilité 10mv/ °C
- Précision +/-0,5 °C (à 25 °C).
 - température 55°C à 155 C°.
 - les versions grand publiques -40°C à +110°C. [31]

Conversion de la tension du LM35DZ en température avec l'arduino-Uno:

Température=valeur mesurée *(5.0/1023.0*100.0) On utilise **valeur * (5.0 / 1023.0 * 100.0)** dans le calcul du produit en croix, car lors de la compilation du programme, c'est le type des valeurs d'une opération qui définit le type du résultat. Si on fait valeur * (5 / 1023 * 100) comme valeur, 5, 1023 et 100 sont des nombres entiers, le résultat est un nombre entier, ce qui n'est pas notre but, nous voulons un calcul avec des nombres à virgule. On utilise donc 5.0, 1023.0 et 100.0 pour forcer un calcul avec des nombres à virgule. N.B. On multiplie par 100 dans le calcul, car dans 5 volts (= 5000mV) il y a 100 fois, 10mV (= 1°C). [31]

3.3.2.1 Capteur de vibration (Analog Piezoelectric Ceramic vibration sensor) :

La céramique piézoélectrique est un matériau céramique fonctionnel qui peut convertir l'énergie mécanique et l'énergie électrique l'une dans l'autre. Effet piézoélectrique. En plus de la piézoélectricité. Ont également des propriétés diélectriques, une élasticité, etc., et ont été largement utilisés dans l'imagerie médicale. Les capteurs acoustiques, les transducteurs acoustiques, les moteurs à ultrasons, etc. fait que les extrémités opposées du matériau ont des charges piégées liées de manière opposée, et a des caractéristiques sensibles. Les céramiques sont principalement utilisées dans la fabrication de transducteurs à ultrasons, de transducteurs hydroacoustiques, de transducteurs électroacoustiques, de filtres en céramique, de transformateurs en céramique, de discriminateurs en céramique, de génératrice haute tension, etc.



Figure 3.6 : Analog Piézoélectrique Céramique vibration sensor.

3.3.2.2 Présentation du produit

Le capteur de vibration analogique basé sur une feuille de céramique piézoélectrique est un processus de transformation inverse qui utilise des céramiques piézoélectriques pour générer des vibrations. Lorsque la feuille de céramique piézoélectrique vibre, un signal électrique est généré. La carte d'extension de capteur spéciale est utilisée en combinaison, et le port analogique peut être faiblement perçu. Le signal électrique de vibration peut réaliser des travaux interactifs liés aux vibrations, tels que des travaux interactifs de batterie électronique. Le capteur de vibration céramique à tension analogique est connecté au port analogique A0 du contrôleur UNO selon le programme, et la valeur de sortie du port série est observée lorsque le degré de vibration est différent, et le travail interactif lié à la vibration peut être réalisé.

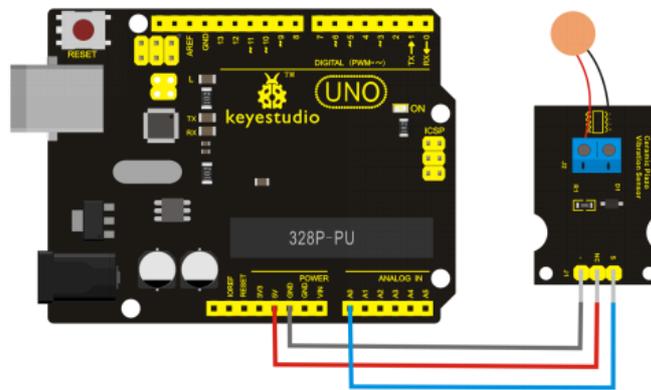


Figure 3.7 : connexion analog sensor à l'arduino UNO.

3.3.2.3 Paramètres du produit :

- voltage de fonctionnement : 3,3 v-5,0 v.
- courant de travail : <1 mA.
- type d'interface : sortie de signal analogique.
- définition de broche : s : sortie, + : VCC, -GND.
- température : 0-10°C+70°C.
- taille : 30mm*23mm.
- poids : 5,9 g.

3.4 Le NodeMCU ESP8266

L'internet des objets étant en pleine évolution dans le monde de la technologie cela à influencer sur notre façon de travailler. Désormais, les objets physiques et le monde numérique sont plus que jamais connectés. En gardant cela à l'esprit, Expressif System (une société de semi- conducteurs basée à Shanghai) a publié en 2014, un joli petit microcontrôleur compatible Wifi, l'ESP8266, à un prix incroyable! Pour moins de 5 \$ US. Il existe à ce jour plus de 12 versions de modules qui ont été construits à partir de ce

composant. Chaque version est identifiée par une nomenclature sous la forme : ESP-01, ESP-02 ou ESP-12E ... La puce quant à elle, est fabriquée par une société tierce : AI-Thinker.

Le NodeMCU est apparu à peine quelques mois après le module ESP8260 et est basé sur un Soc Wi-Fi ESP8266 l'ESP-12E d'Espressif. Le terme "NodeMCU" se réfère par défaut au firmware permettant de programmer le microcontrôleur en Lua plutôt qu'aux kits de développement. A noter que vous pouvez toujours le programmer en Arduino IDE.

[32]



Figure 3.8 : Module ESP8266 sur NodeMCU.

3.4.1 Brochage du NodeMCU ESP8266

Le NodeMCU ESP8266 possède un total de 30 broches (pin) nous permettant de le brancher à d'autres périphériques et supportant des fonctionnalités comme PWM, I2C, SPI et UART. Remarque : Pour une raison inconnue, les numéros de pins écrit sur la carte NodeMCU ne correspond pas à celle de l'ESP8266 et donc pas à celle de l'IDE Arduino lors de la programmation. Et l'image ci-dessous montre la correspondance entre les noms des ports tels qu'indiqués sur la carte, les GPIO et les fonctions spécifiques associées à chacun [32] :

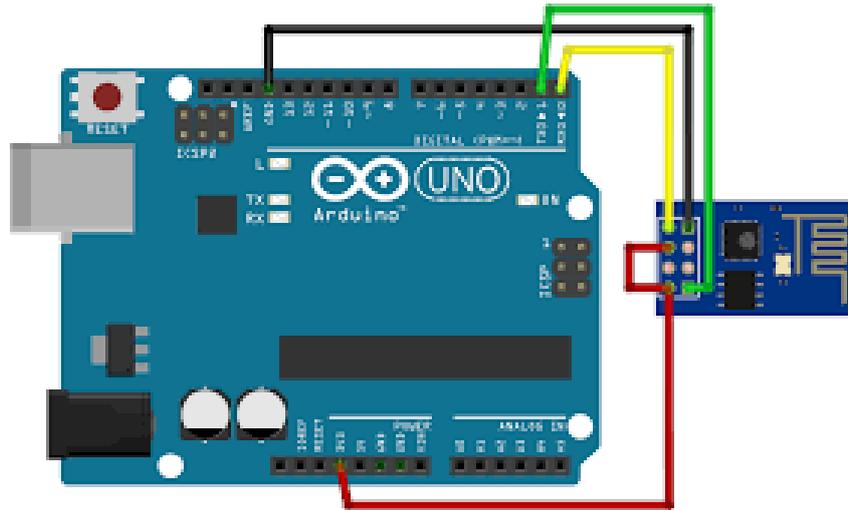


Figure 3.9 : Correspondance des broches de l'ESP8266. [32]

3.4.2 Caractéristiques

Ce module est basé principalement sur la version ESP-12E du ESP8266 avec toutefois des spécificités qui lui sont propres :

- L'interface du module est principalement divisée en deux parties, comprenant le micro logiciel et le matériel, où l'exécution du firmware s'effectue sur le Soc ESP8266 Wi-Fi et le matériel est sur la base du module ESP-12.
- Le micro logiciel est basé sur Lua, un langage de script facile à apprendre, offrant un environnement de programmation simple et un langage de script rapide qui vous connecte à une large communauté de développeurs.
- Le firmware étant en open source, il vous donne la possibilité d'éditer, de modifier et de reconstruire le module existant et de modifier constamment l'interface jusqu'à ce que vous puissiez optimiser le module en fonction de vos besoins.
- Le convertisseur de l'USB en UART est ajouté au module facilitant ainsi la conversion des données USB en données UART qui suivent principalement un langage de communication en série.
- Au lieu du port USB habituel, un port MicroUSB est inclus dans le module pour le connecter à l'ordinateur et remplissant un double objectif : programmation et mise sous tension de la carte.
- La carte intègre un voyant LED qui clignote et s'éteint instantanément, indiquant l'état actuel du module s'il fonctionne correctement lorsqu'il est connecté à l'ordinateur. (Vous devrez peut-être installer certains pilotes sur votre ordinateur s'il ne parvient pas à détecter la carte NodeMCU)
- La capacité du module à établir une parfaite connexion WiFi entre deux canaux en fait un choix idéal pour l'intégrer à d'autres périphériques embarqués tels que le Raspberry Pi. [33]

3.4.3 Mise sous tension du module

Nous pouvons voir à partir de l'image de brochage ci-dessus, qu'il y a cinq broches de masse GND et trois broches 3.3v sur la carte. Elle peut être mise sous tension de trois manières (Voir Figure 3.10).

- Alimentation USB : Il s'avère être un choix idéal pour charger des programmes, sauf si le projet que vous souhaitez concevoir nécessite une interface séparée, c'est-à-dire déconnectée de l'ordinateur.
- Sur pin 3,3V : C'est une autre excellente option pour alimenter le module. Si vous avez votre propre régulateur externe, vous pouvez générer une source d'alimentation instantanée pour votre kit de développement.
- Sur Vin : Il s'agit d'un régulateur de tension pouvant supporter jusqu'à 800 mA. Il peut gérer entre 7 et 12 V. Vous ne pouvez pas alimenter les appareils fonctionnant à 3,3 V car ce régulateur ne peut générer aussi bas que 3,3 V et il ne faut pas dépasser les 12 V. [34]

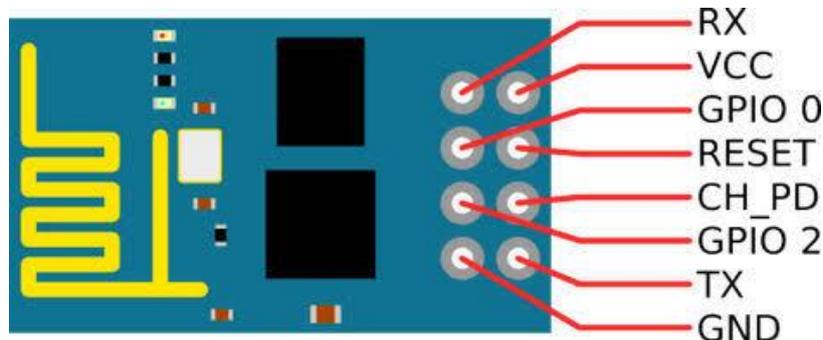


Figure 3.10 : Les pins d'alimentation électrique du NodeMCU ESP8266.

3.4.4 La mémoire

Les ESP8266 embarquent une plus ou moins grosse mémoire flash accessible en SPI. Cette mémoire peut être intégrée au processeur ou alors associée sur la carte NodeMCU comme mémoire flash externe. Ce qui est intéressant à connaître, c'est que la mémoire flash est structurée de la manière suivante:

- Un espace de stockage pour le firmware.
- Un espace de stockage temporaire pour les mises à jour OTA (Over The Air) du firmware.
- Un système de fichier SPIFFS.
- Un emplacement EEPROM pour la sauvegarde de données par les programmes.
- Un emplacement pour stocker la configuration du WIFI dans le cas de l'utilisation du SDK natif.

Dans la carte NodeMCU v3 il y a 4M de mémoire, dont 3 peuvent être dédiés au système de fichier. Ce système de fichier peut être utilisé pour y stocker des données et des fichiers, pour un serveur web par exemple. Cependant, n'y voyez pas l'équivalent d'un fil system moderne. Il n'y a pas de correction d'erreur et il n'y a pas d'arborescence de fichier (répertoires et sous répertoires), tout est au même niveau. Mais comme le caractère / est accepté dans un

nom de fichier, vous pouvez stocker un fichier du nom de "/web/index.htm" si vous voulez avoir quelque chose de structuré. Attention cependant les noms de fichiers sont limités à 32 caractères, y compris le '\0' de fin de chaîne (donc 31 caractères utiles).

La mémoire EEPROM est particulièrement intéressante car c'est dans cette dernière que pourront être sauvegardées de données persistantes pour nos programmes. Par exemple, si une variable de notre programme sert à mémoriser un mot de passe et que ce mot de passe peut être changé, s'il est stocké dans la mémoire EEPROM nous pourrions retrouver ce changement en cas de reboot ou de coupure électrique. [34]

3.4.5 Programmation

Le NodeMCU peut être programmé avec l'IDE Arduino ; il faut bien entendu avoir installé l'IDE, installer le driver Windows pour que l'USB arrive à communiquer avec la carte puis installer dans l'IDE les modules et bibliothèques qui vont permettre de compiler pour l'ESP8266. Lorsque le programme est compilé, il faut l'injecter dans le microcontrôleur. On appelle cela "flasher le composant" car notre programme deviendra le firmware de ce dernier. Normalement, la carte NodeMCU se met automatiquement en mode apprentissage. Quand toutefois le « flashage » de la carte échoue, il faut remettre la carte dans le mode apprentissage en utilisant les boutons situés de part et d'autre du port micro USB comme indiqué ci-dessous :

1. Appuyez sur le bouton Flash et maintenez le bouton appuyé
2. Appuyez sur Reset
3. Relâchez le bouton Reset
4. Relâchez le bouton Flash. [34]

3.4.6 Conclusion sur le NodeMCU ESP8266

Toutes ces connaissances collectées à droite et à gauche nous ont permises de comprendre les bases du fonctionnement d'une carte NodeMCU. Ces bases seront utiles pour comprendre les concepts que nous devons manipuler dans notre solution informatique. [34]

3.5 Afficheur à cristaux liquides

Les afficheurs à cristaux liquides LCD (Liquide Crystal Display), sont des modules compacts Intelligents et nécessitent peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils consomment relativement peu de 1 à 5 mA, les afficheurs sont caractérisés par le nombre de caractères affichables et par le nombre de lignes disponibles. Dans notre exemple l'afficheur possède seize caractères sur deux lignes. [35]

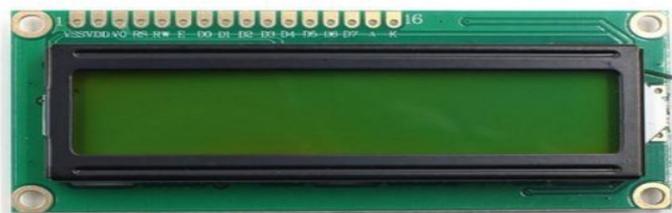


Figure 3.11 : afficheur LCD 16*2.

L'afficheur LCD se compose de 16 broches (tableau 3.2) :

Tableau 3.2 : Caractéristiques de l'afficheur LCD.

Les broches	Nom	Rôle
1	VSS	Masse
2	VDD	+5V
3	VO	Réglage du contraste
4	RS	Sélection du registre (commande ou donnée)
5	R/W	Lecture ou écriture
6	E	Entrée de validation
7 à 14	D0 à D7	Bits de données
15	A	Anode du rétroéclairage (+5V)
16	K	Cathode du rétroéclairage (masse)

3.5.1 Connexion de l'afficheur sur la carte

Dans notre application, nous avons utilisé un écran LCD alphanumérique de 4 lignes et de 24 Caractères. L'afficheur LCD utilise 6 à 10 broches de données ((D0 à D7) ou (D4 à D7) + RS + E) et deux

D'alimentations (+5V et masse). La plupart des écrans possèdent aussi une entrée analogique pour régler le Contraste des caractères. Nous brancherons dessus un potentiomètre de 10 kOhms.

Les numéros des broches NOM Description :

- 1 VSS Masse
- 2 VDD Alimentation positive (V+)
- 3 VO Contraste réglable par potentiomètre
- 4 RS Sélection de registre (0= instruction; 1 = donnée)
- 5 R/W ou RD Lecture ou écriture (1= lecture; 0=écriture)
- 6 Enable (validation, actif au niveau haut)
- 7 D0 Bit 0 du bus de données
- 8 D1 Bit 1 du bus de données
- 9 D2 Bit 2 du bus de données
- 10 D3 Bit 3 du bus de données
- 11 D4 Bit 4 du bus de données
- 12 D5 Bit 5 du bus de données
- 13 D6 Bit 6 du bus de données
- 14 D7 Bit 7 du bus de données. [35]

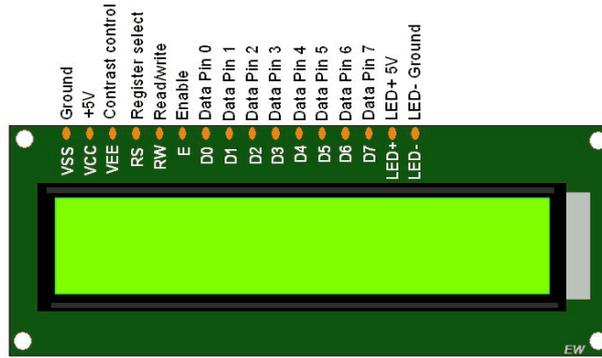


Figure 3.12 : les broches de l’afficheur LCD.

Les 10 broches de données peuvent être placées sur n’importe quelles entrées/sorties numériques de l’Arduino.

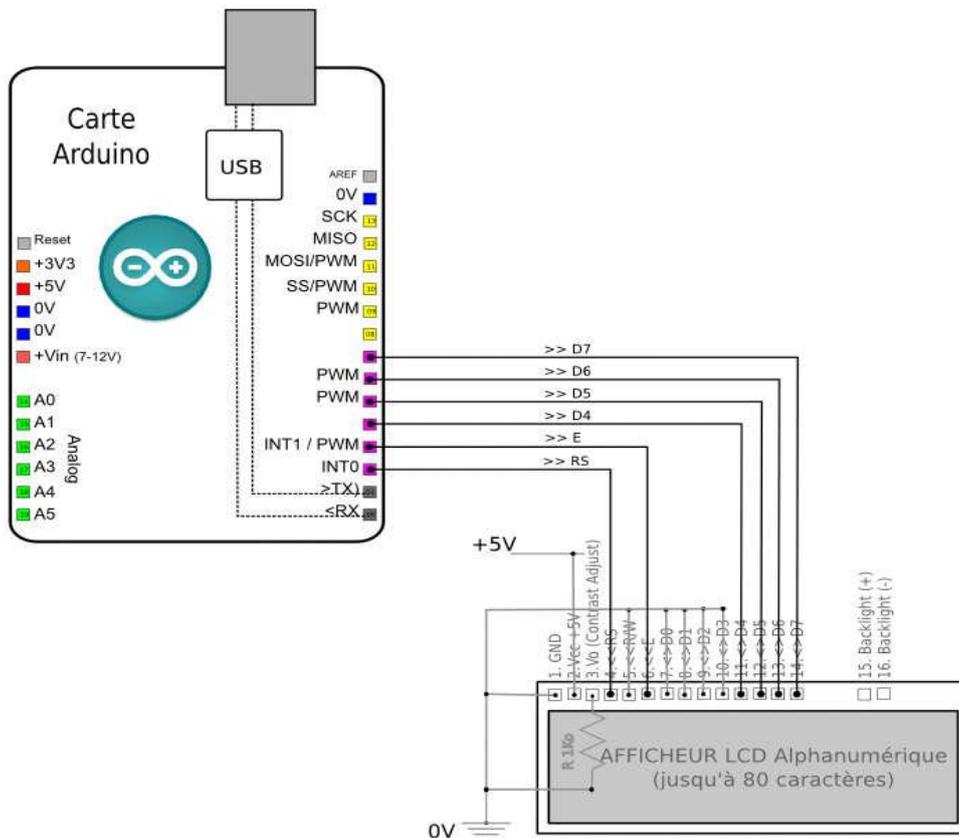


Figure 3.13 : Montage de l’afficheur LCD sur l’ARDUINO. [35]

3.6 ALARME

Notre système de la gestion d’un capteur au niveau d’une turbine à vapeur dépend d’un système d’alarme, qui permet d’alerter lorsque la température dépasse le seuil programmé et la valeur de vibration ou bien la vitesse de vibration max. Lorsque la température mesurée est supérieure la valeur max et la vibration dépassée la limite, une alarme va se déclenchée via le buzzer. [36]

3.6.1 Buzzer

Un biper (en anglais buzzer), comme le montré la figure 3.14, est un élément électromécanique ou piézoélectrique qui produit un son, quand on lui applique une tension : le bip. Certains nécessitent une tension continue, d'autres nécessitent une tension alternative. [36]



Figure 3.14 : Un Buzzer. [36]

3.6.2 Broches du Buzzer

La figure 3.15 montre le bronchement du buzzer avec la carte Arduino UNO.

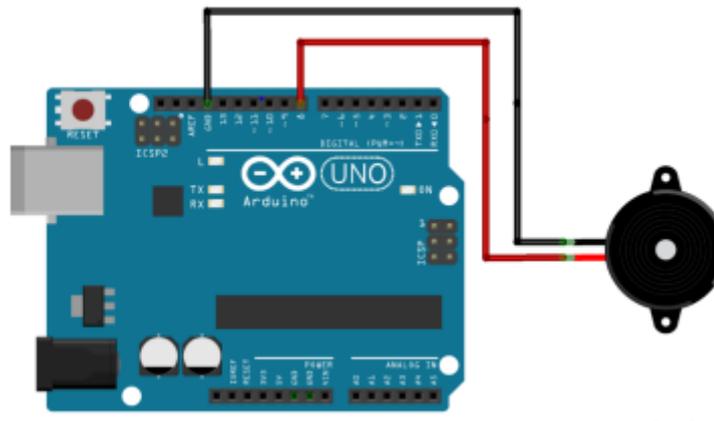


Figure 3.15 : Le Bronchement du Buzzer. [36]

La correspondance des fils est la suivante :

- Noir : la masse.
- Rouge : commande.

3.7 Présentation du logiciel ARDUINO IDE

La fenêtre de l'application Arduino comporte les éléments suivants [37]:

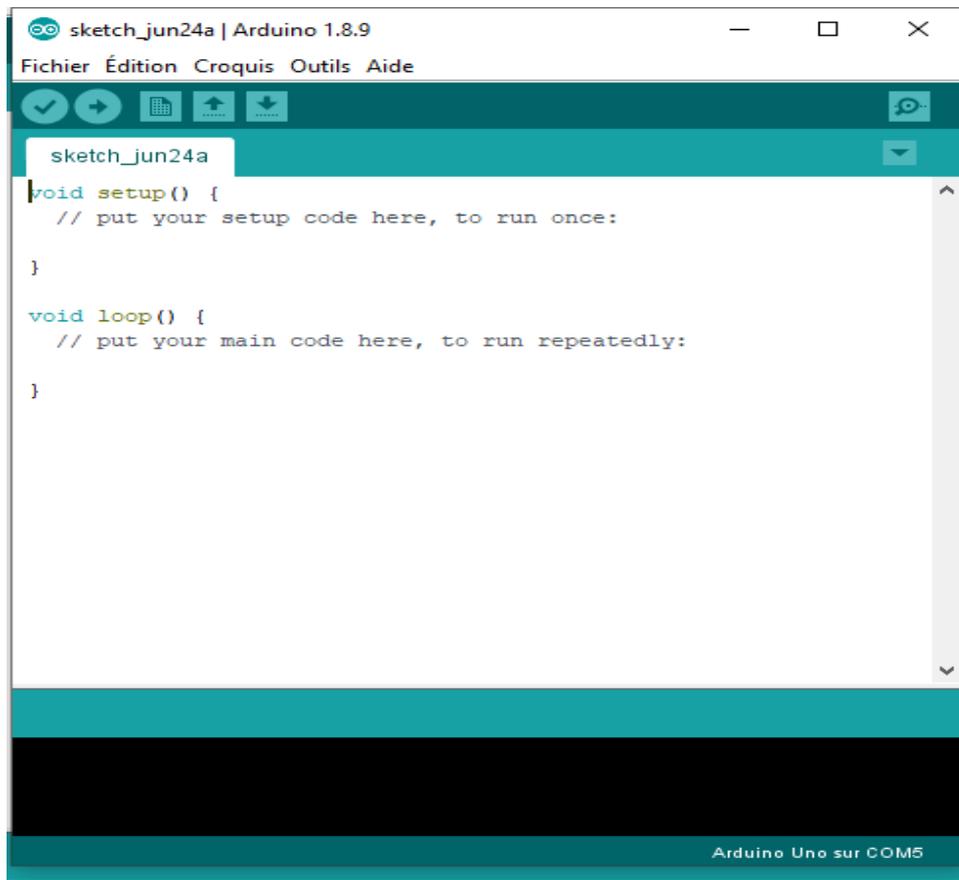


Figure 3.16 : Arduino 1.8.9

1. un menu ;
2. une barre d'actions ;
3. un ou plusieurs onglets correspondant aux sketches ;
4. une fenêtre de programmation ;
5. une console qui affiche les informations et erreurs de compilation et de téléversement du Programme.

Eléments du menu

Les différents éléments du menu vous permettent de créer de nouveaux sketches, de les Sauvegarder, de gérer les préférences du logiciel et les paramètres de communication avec Votre carte Arduino.

Dossier de travail

Dans les préférences (File > Préférences), il vous est possible de spécifier votre dossier De travail. Il s'agit du dossier où seront sauvegardés par défaut vos programmes et les Bibliothèques qui pourront y être associées. Lorsqu'un programme est sauvegardé, un dossier Portant le nom du programme est créé. Celui-ci contient le fichier du programme portant le Nom que vous lui aurez donné suivi de l'extension .pce ainsi qu'un dossier intitulé applet qui Contient les différents éléments créés et nécessaires lors du processus de compilation du

Programme et de télé versement vers la carte.

Tableau 3.3 : Barre d'actions. [37]

	<p>Bouton « Vérifie » (Vérifier) ; il permet de compiler votre programme et de vérifier si des erreurs s'y trouvent. Cette procédure prend un certain temps d'exécution et lorsque est terminée, elle affiche un message de type « Binary sketch size : ... » indiquant la taille du sketch télévisé.</p>
	<p>Pour transmettre le sketch compilé avec succès sur la carte Arduino dans le microcontrôleur.</p>
	<p>Bouton « New » (Nouveau) ; ce bouton permet de créer un nouveau sketch.</p>
	<p>Bouton « Open » (Ouvrir) ; il fait apparaître un menu qui permet d'ouvrir un sketch qui figure dans votre dossier de travail ou des exemples de sketches intégrés au logiciel.</p>
	<p>Bouton « Save » (Sauvegarder) ; il permet de sauvegarder votre sketch.</p>

3.8 Présentation du RemoteXY

RemoteXY est un moyen de fabriquer une interface graphique pour utilisateur mobile qui se connecté à l'Arduino à l'aide de liaison (WIFI, Bluetooth). Utilisation de l'éditeur d'interfaces graphiques mobiles, situé sur le site <http://remotexy.com>, on peut faire notre propre interface graphique unique et le charger dans le contrôleur. L'utilisation de cette application mobile, on sera en mesure de se connecter au contrôleur et à gérer avec eux par le biais d'une interface graphique. Les figures suivantes présentent les étapes de configurer la connexion entre l'Arduino UNO et le Smartphone. [38]

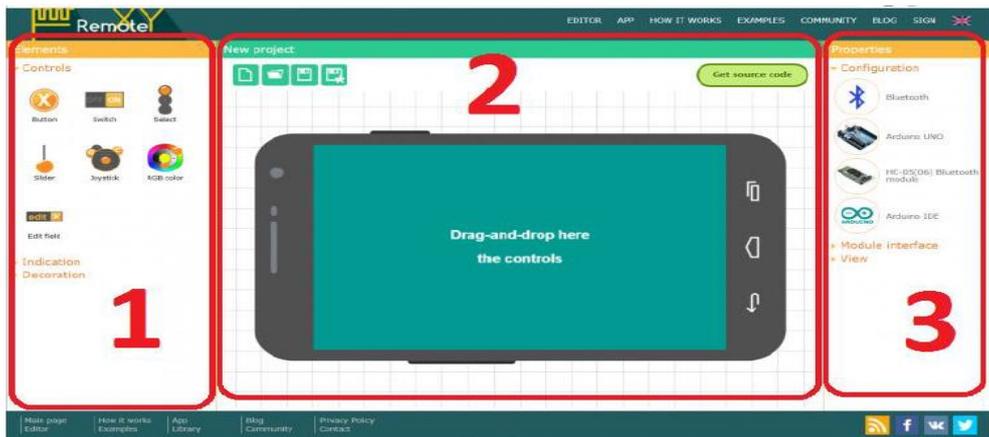


Figure 3.17 : Interface du RemoteXY.

D'après la **Figure 3.6**:

- **Bloc 1** : panneau d'éléments.
- **Bloc 2** : zone de l'éditeur.
- **Bloc 3** : panneau des propriétés et des paramètres.
- **Étape 1** : La configuration de projet

Nous avons sélectionné les paramètres (la **Figure 3.7**) sous l'onglet Configuration (panneau de propriétés et des paramètres) : Bluetooth, Arduino Uno, HC-05(06) Bluetooth module, Arduino IDE.



Figure 3.18 : Panneau des propriétés et des paramètres.

- **Étape 2** : Création de l'interface :

La partie view qui définit la couleur de l'arrière-plan, état de Smartphone (horizontal, vertical ou les deux). On peut encore ajouter un mot de passe pour accéder à notre propre interface, ce que nous avons entrainé à programmé puis on ajoute les éléments : (indication et modifier la décoration).

- **Étape 3** : Connectez-vous depuis l'application mobile

Les figures ci-dessous représentent les étapes pour connecter depuis l'application mobile :

- A. Nous avons installé l'application mobile RemoteXY sur notre Smartphone / tablette, depuis Play store ou App store.
- B. Dans l'application, on a appuyé sur le bouton (+) de nouvelle connexion, puis sélectionnée la connexion « Bluetooth ». Dans la fenêtre qui s'ouvre, on rendre le bouton « OFF » en « ON ». [38]

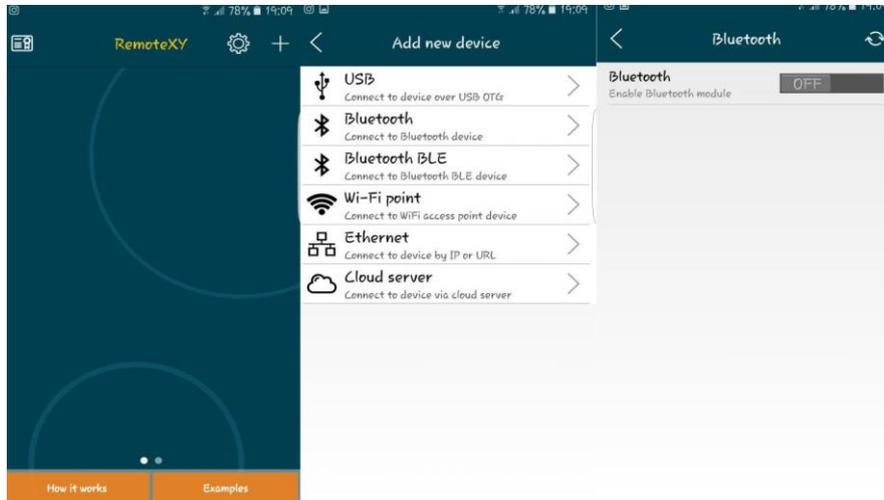


Figure 3.19 : Capture d'écran de l'application Smartphone.

3.9 Plateforme TINKERCAD

Pour notre simulation, nous travaillons sur la plateforme TINKERCAD. Elle permet de faire de la simulation de circuits à base de cartes ARDUINO à distance.

Pour réaliser des projets il faut d'abord créer un compte personnel. Les figures (3.18, 3.19, 3.20, 3.21) montrent les étapes de création d'un compte. [39]

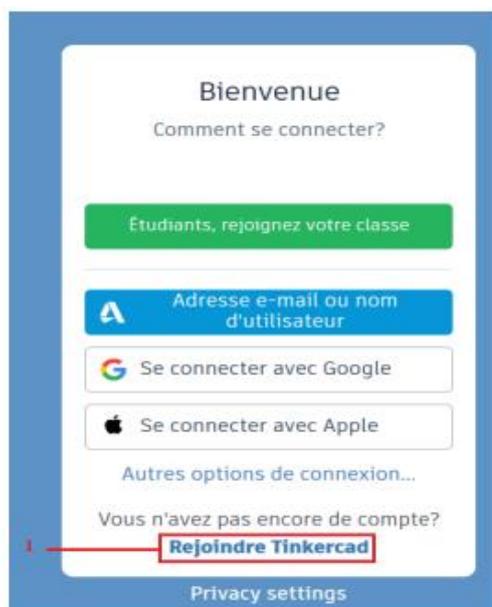


Figure 3.20 : Rejoindre Tinkercad

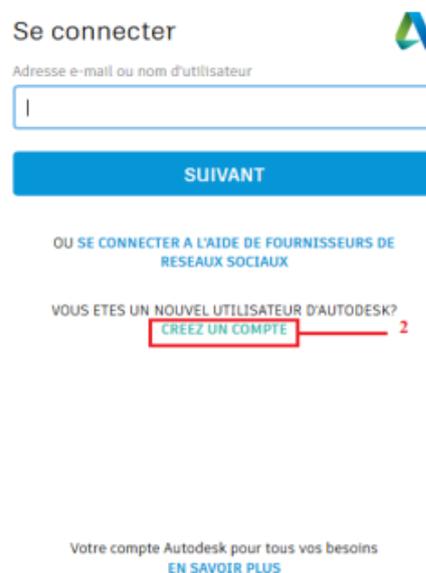


Figure 3.21 : Créé un Compte sur Tinkercad.

Créer un compte

Pays, territoire ou région
Etats-Unis

Date de naissance
Mois Jour Année

SUIVANT

VOUS AVEZ DEJA UN COMPTE? [CONNECTEZ-VOUS](#)

3

Votre compte Autodesk pour tous vos besoins
[EN SAVOIR PLUS](#)

Compte créé

Ce compte unique vous permet d'accéder à tous les produits Autodesk



Je souhaite recevoir des e-mails d'information de la part d'Autodesk

TERMINÉ

Votre compte Autodesk pour tous vos besoins
[EN SAVOIR PLUS](#)

Figure 3.22 : Remplir les Informations Personnels. **Figure 3.23 :** Création de compte terminée.

Après la création du compte, on peut réaliser les simulations qu'on veut. Les figures 3.22 et 3.23 expliquent les étapes de création de circuits sur Tinkercad.

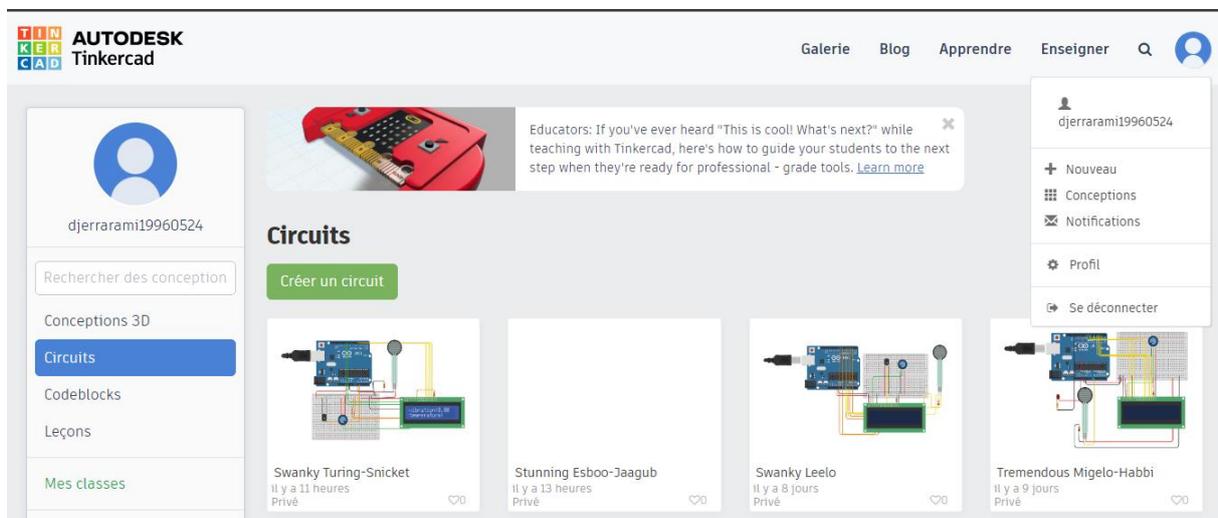


Figure 3.24 : interface du site Tinkercad. [39]

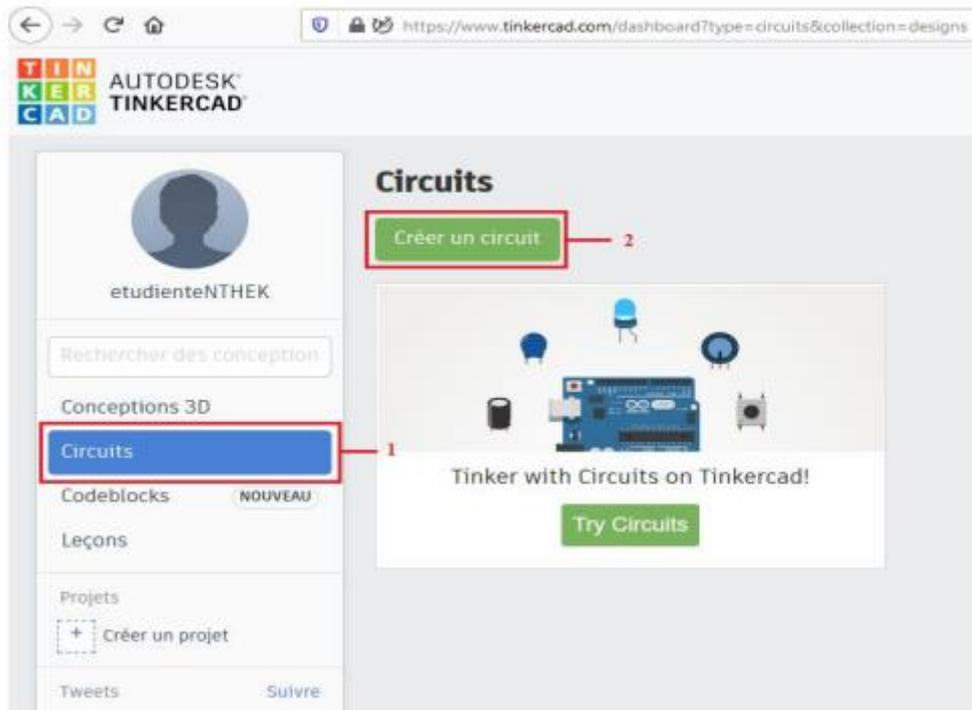


Figure 3.25 : Création du circuit.

- 1) Taper sur l'étiquette circuit.
- 2) Taper sur crée un circuit.

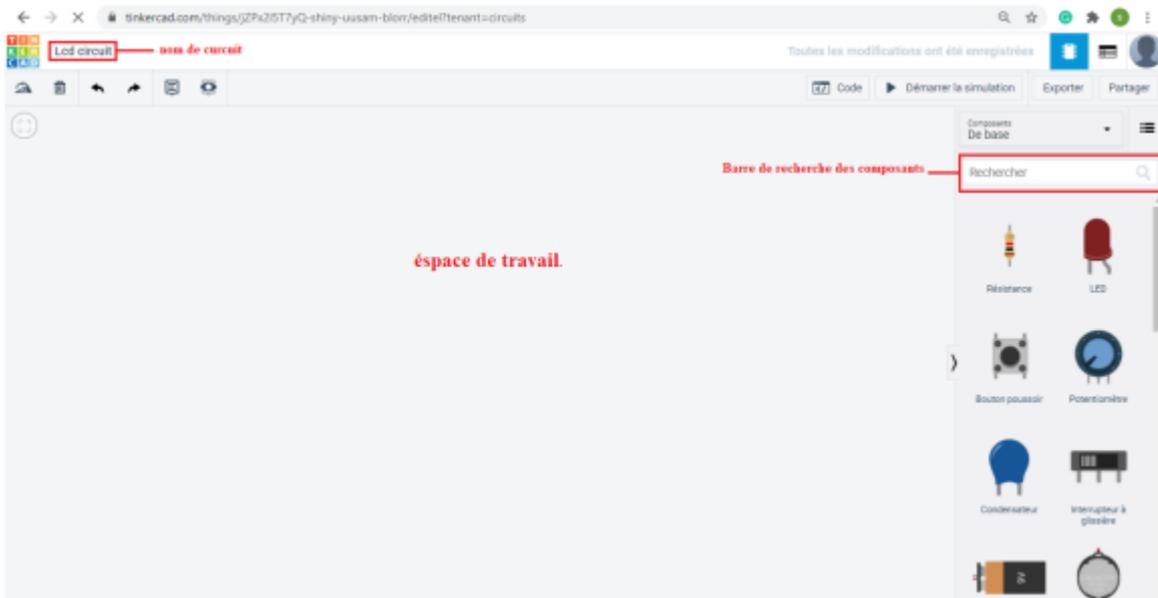


Figure 3.26 : Choix des composants pour construire le circuit.

Une fois le circuit dessiné, on peut écrire le code source du microcontrôleur de la carte Arduino et simuler le fonctionnement du circuit comme le montre la figure 3.23.

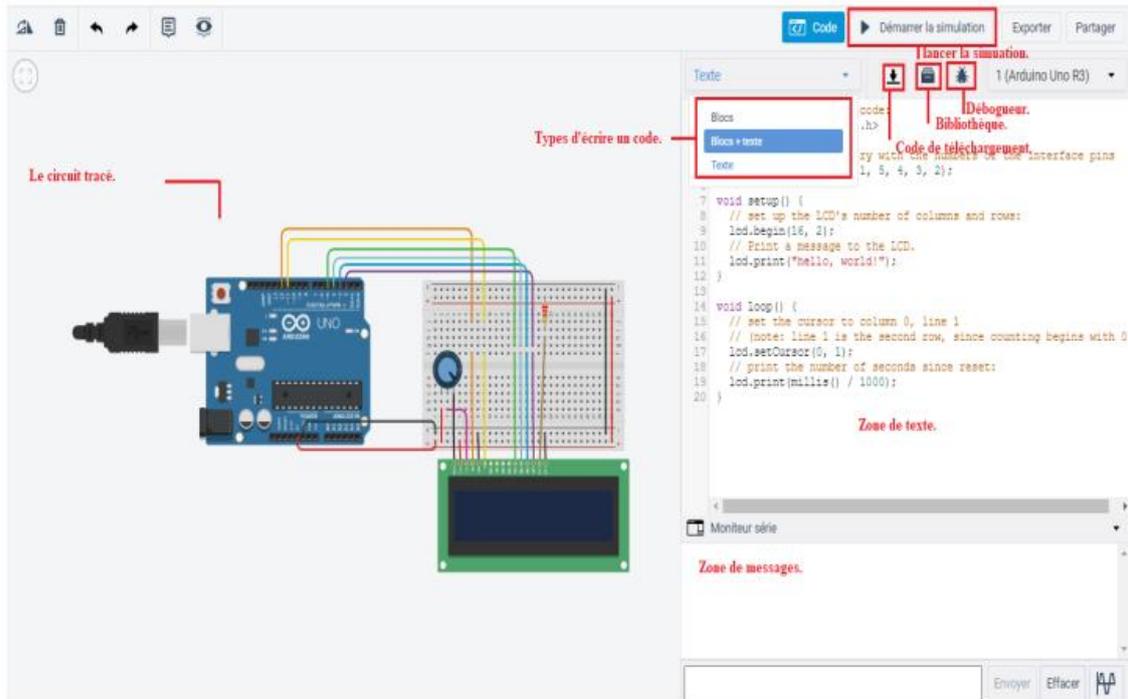


Figure 3.27 : Conception et Simulation du Circuit. [39]

3.10 ETUDE ECONOMIQUE

Nous avons acheté nos composants, dont les prix sont présentés dans le tableau 3.4 ci-dessous, chez un magasin à BOUMERDES en mars 2022.

Tableau 3.4 : Prix des Composants.

Composant	Prix
Arduino UNO	2500 DA
Capteur piézoélectrique céramique	400DA
Capteur lm35	200DA
Afficheur LCD 2*16	900DA
Plaque d'essai	750DA
potentiomètre	100DA
Résistance	100DA
Fils	450DA
buzzer	100DA
LED	50DA
ESP8266	700DA
Totale	6250DA

3.11 CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté les principaux composants que nous utiliserons pour la conception de notre nouveau système, à savoir : une carte Arduino UNO, les capteurs de température LM35, le capteur piézoélectrique céramique, l'afficheur LCD 2*16 caractères, interface Android RemoteXY et un buzzer. Le chapitre suivant présentera les étapes de conception, simulation et réalisation de notre système de gestion du capteur au niveau de la turbine à vapeur.

Chapitre : 04

Simulation et réalisation

Chapitre : 04

Simulation et réalisation

4.1 INTRODUCTION

Nous aborderons dans ce chapitre la description de notre nouveau système, les détails de conception, simulation et réalisation ainsi que les résultats obtenus.

4.2 DESCRIPTION DU SYSTEME A CONCEVOIR

Le principal composant que nous utiliserons pour la conception de notre nouveau système est la carte Arduino UNO. Cette dernière communique avec tous les composants de notre système à savoir : Module wifi 8066, le capteur de température, le capteur de vibration, l'application Android et l'afficheur LCD et le buzzer (voir la figure 4.1).

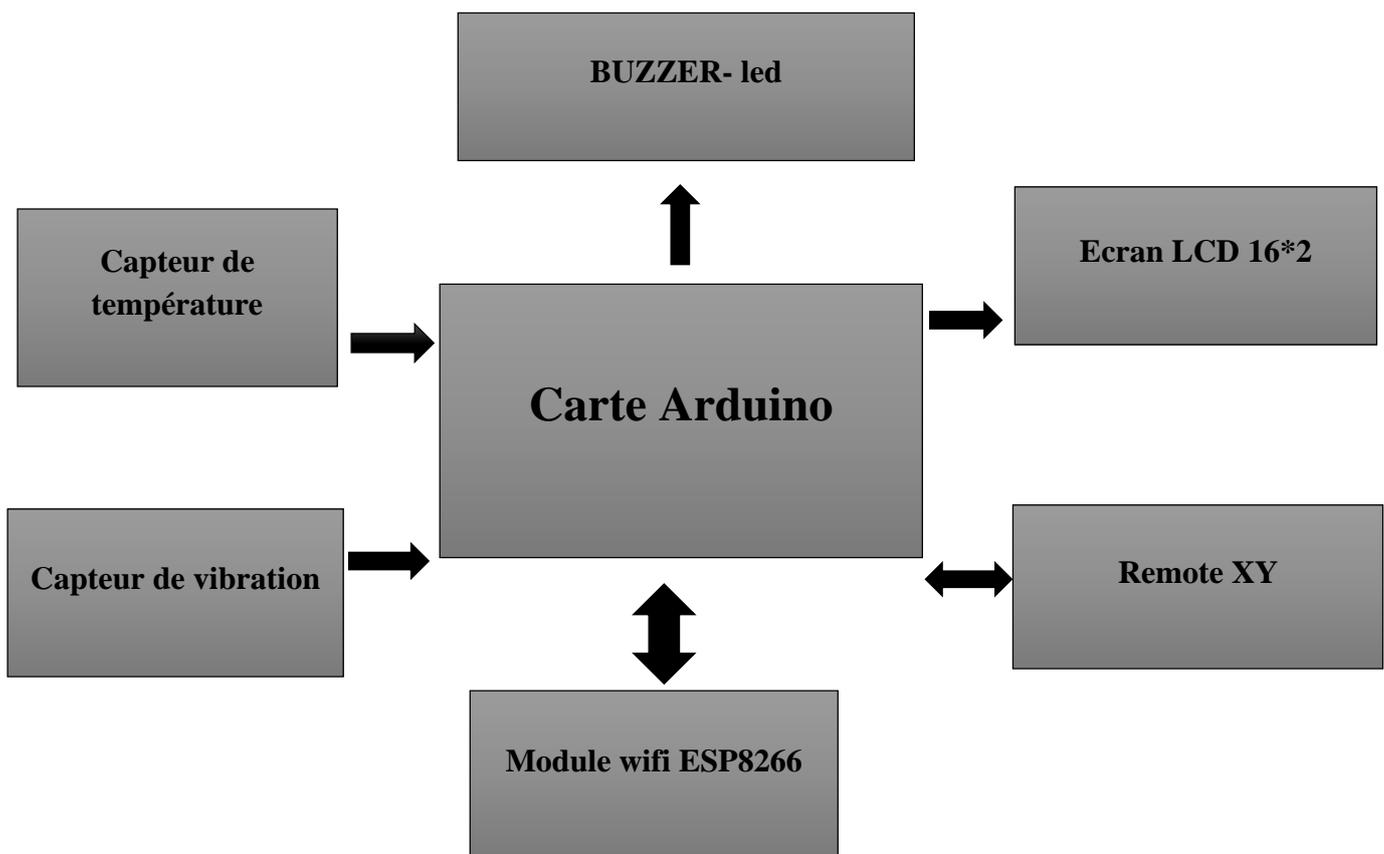


Figure 4.1 : Logigramme du Système.

Le capteur de vibration et le capteur de température détecte la vibration et la température du turbine à vapeur ensuite ils sont envoyé par un signal à la carte Arduino. Cette dernière connectée à l'application Android avec module Wifi 8266. L'application va récupérer les résultats des capteurs et affiche sur tablette, téléphone par la suite affiche les résultats sur l'afficheur LCD tout en indiquant l'état de la température et la vibration du turbine à vapeur (Normale ou élevée). Si la température et la vibration est élevée le Buzzer sonne.

4.3 ORGANIGRAMME DE NOTRE NOUVEAU SYSTEME

L'organigramme du code source du microcontrôleur de notre carte Arduino est présenté sur la figure 4.2.

- Le capteur de température détecté la température de la turbine à vapeur.
- Le capteur de vibration détecté la vibration de la turbine à vapeur.
- Les deux capteurs sont connectés à la carte arduino et cette dernière recevez les résultats
- L'afficheur LCD affiche la température et la vibration captée.
- La carte connecté l'application Android par module wifi 8266,
- L'application affiché les résultats obtenu.
- Si la température est inférieure à 38°C l'affiche affiche Temp. Normale.
- Sinon, l'afficheur affiche Temp. Elevée et le Buzzer sonne.
- Si la vibration est inférieure à 11.8 mm/s l'affiche affiche vib. Normale.
- Sinon. L'afficheur affiche vib. Elevée et le Buzzer sonne.

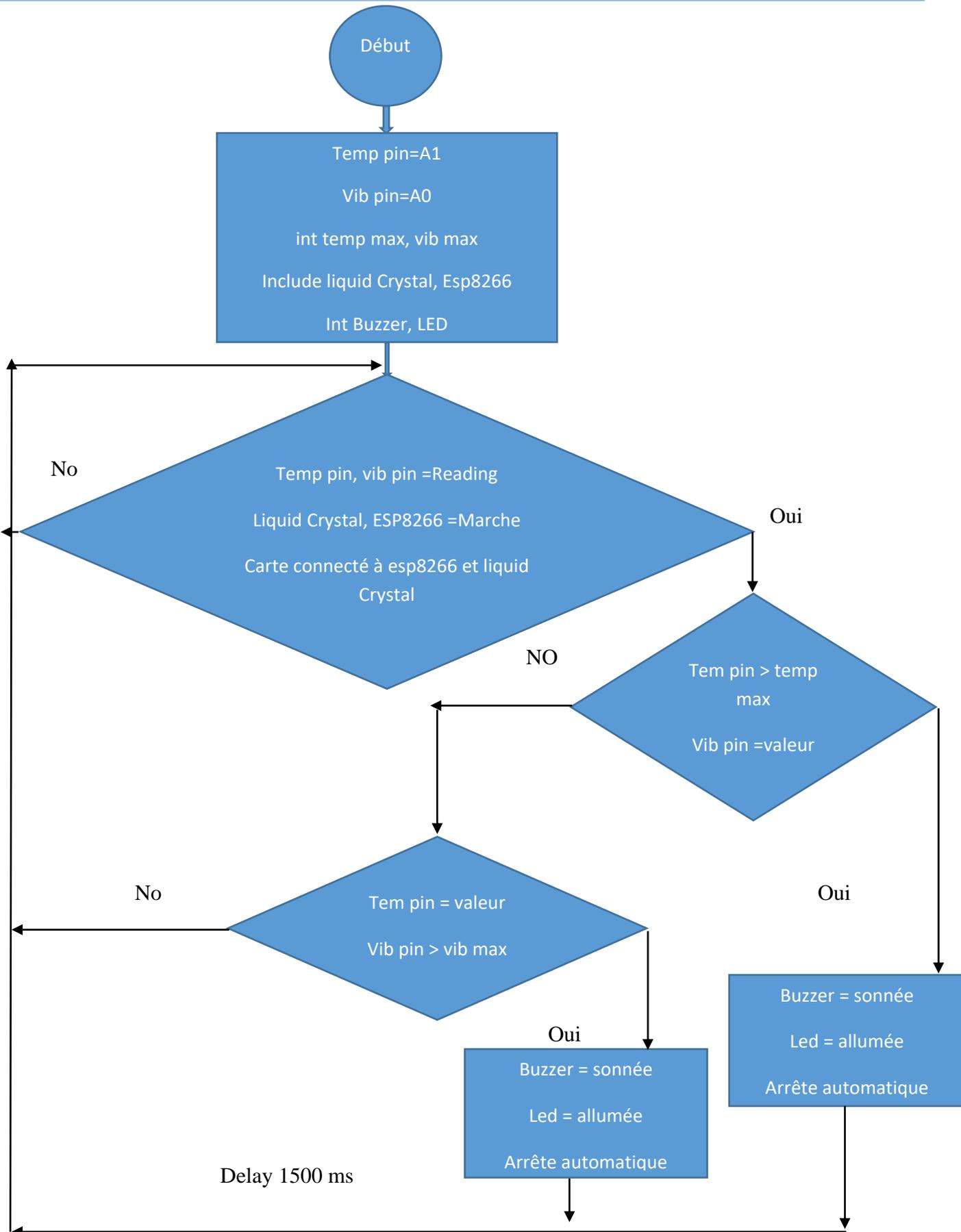


Figure 4.2 : organigramme du circuit générale.

4.4 Composants

Présentation du matériel utilisé dans le nouveau système.

4.4.1 Matériel de réalisation

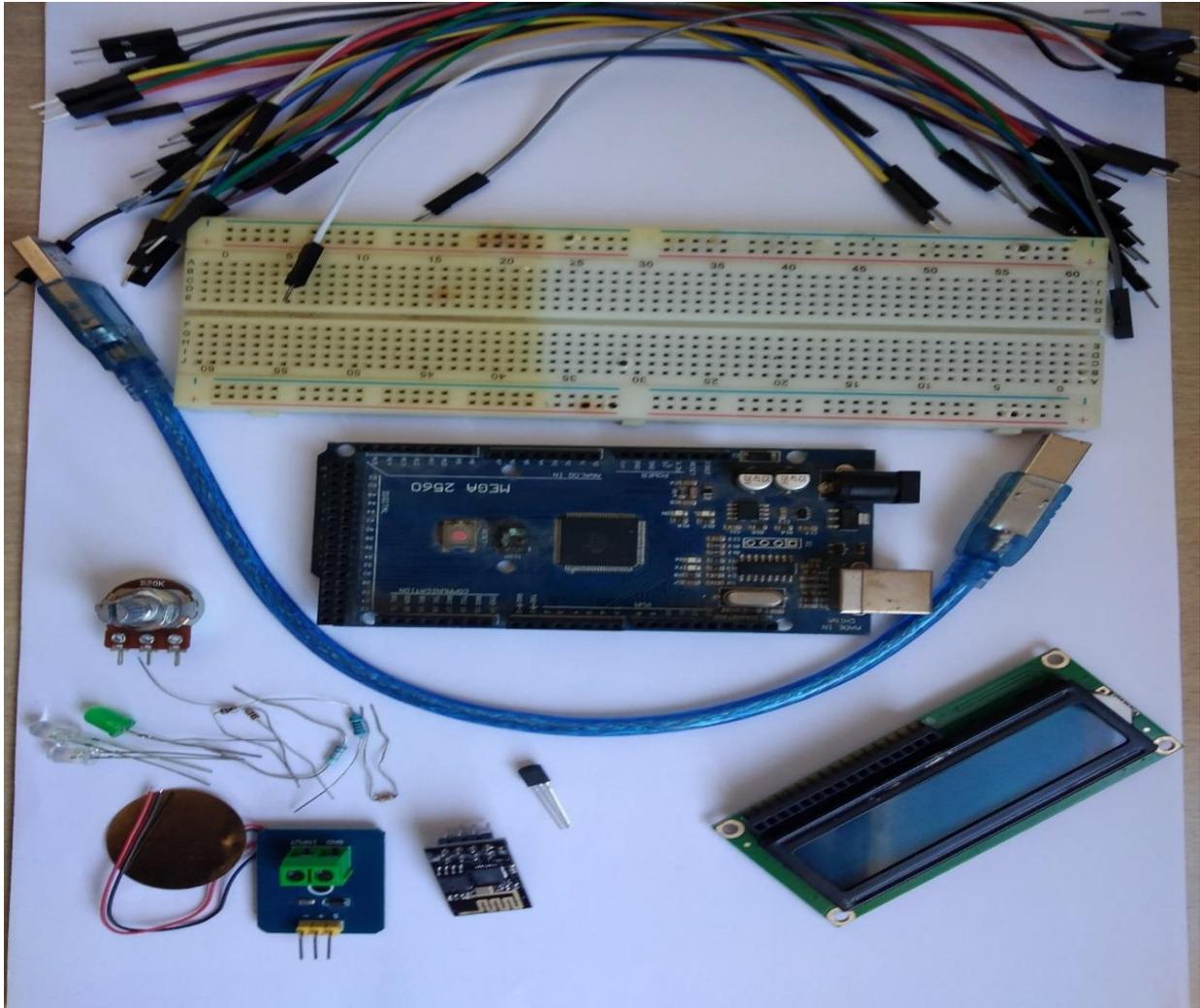


Figure 4.3 : les composantes utilisées dans le système.

Les composantes utilisées

Arduino UNO, Capteur piézoélectrique céramique, Capteur Im35, Afficheur LCD 2*16, Plaque d'essai, potentiomètre, résistance, fils, buzzer, LED, ESP8266

4.4.2 Piloter un écran LCD 16*2

Nous avons simulé et réalisé l'afficheur LCD 16*2 pour le début sur tinkercad.

4.4.2.1 Simulation l'afficheur LCD 16*2

a) on va simuler la carte arduino et l'afficheur LCD 16*2 sur tinkercad :

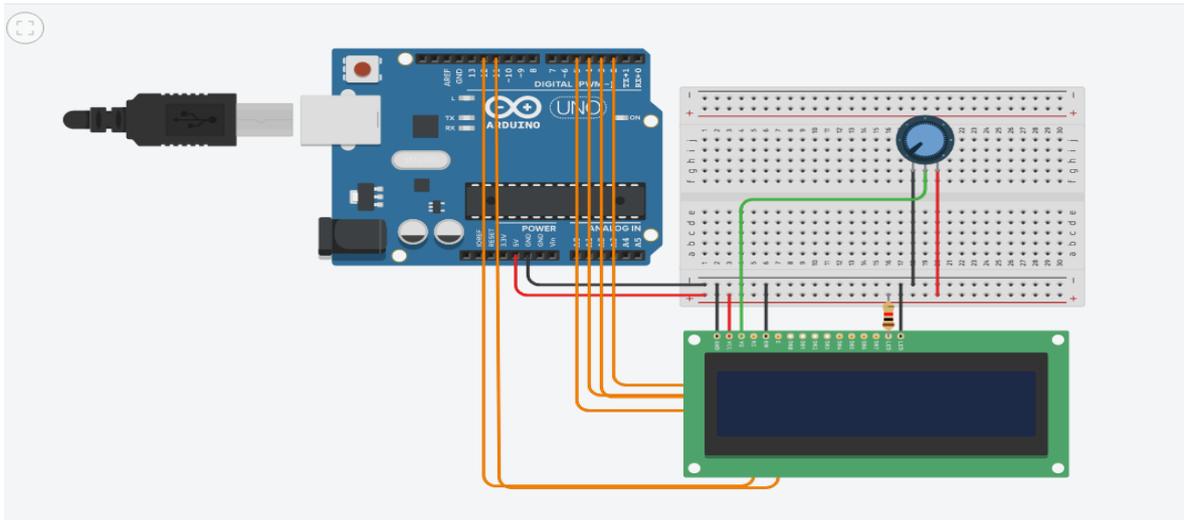


Figure 4.4 : simulé l’afficheur LCD sur Tinkercad.

Voici le code source de l’afficheur LCD 16*2 :

```

Code
Démarrer la simulation
Envoyer ve...

Texte
1 #include <LiquidCrystal.h>
2 int rs=12;
3 int en=11;
4 LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,2);
5 void setup ()
6 {
7   lcd.begin(16,2);
8   lcd.setCursor(0,0);
9   lcd.print("temperature:");
10  lcd.setCursor(0,1);
11  lcd.print("voltage:");
12 }
13
14 void loop ()
15 {
16
17 }

Moniteur série
    
```

Figure 4.5 : le code source LCD 16*2.

b) les résultats obtenu dans le site de la simulation tinkercad :

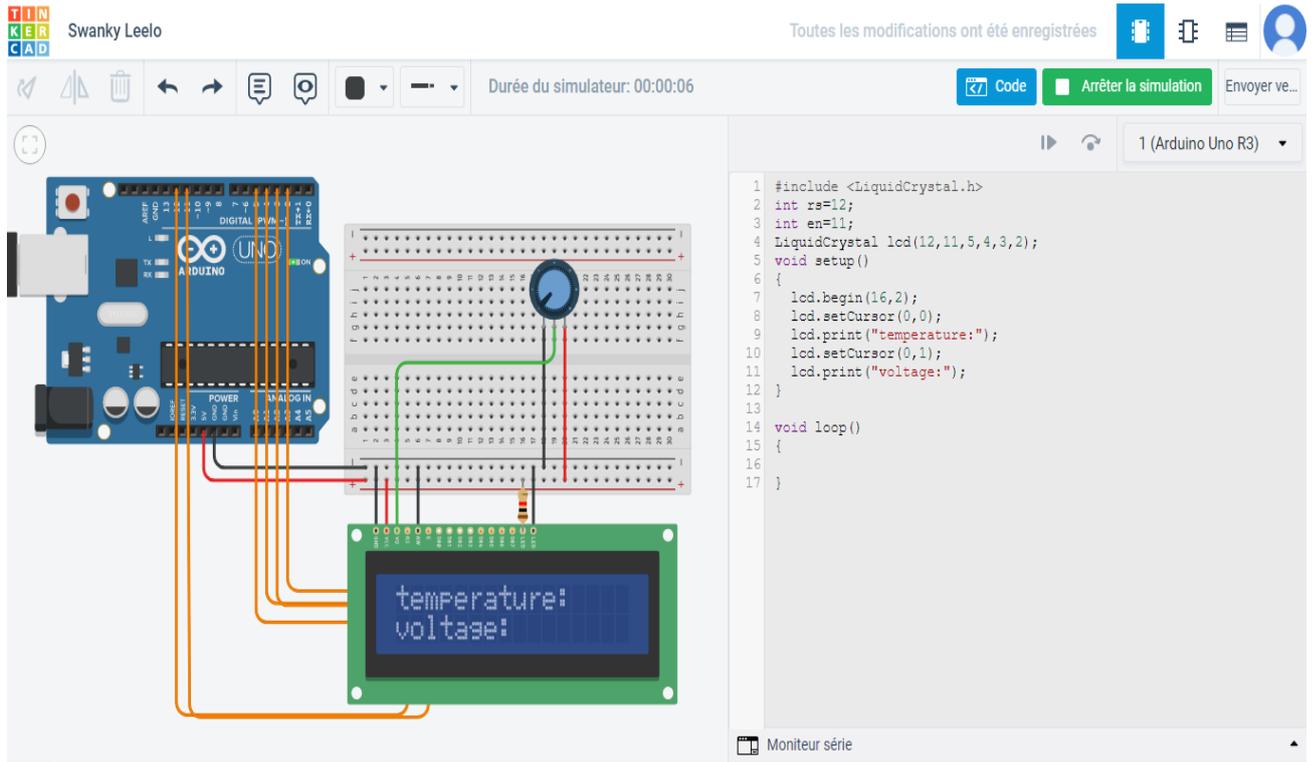


Figure 4.6 : résultats obtenu dans l’afficheur LCD16*2.

4.4.2.2 Réalisation du l’afficheur LCD16*2

a) le code source de l’afficheur LCD sur Arduino IDE :

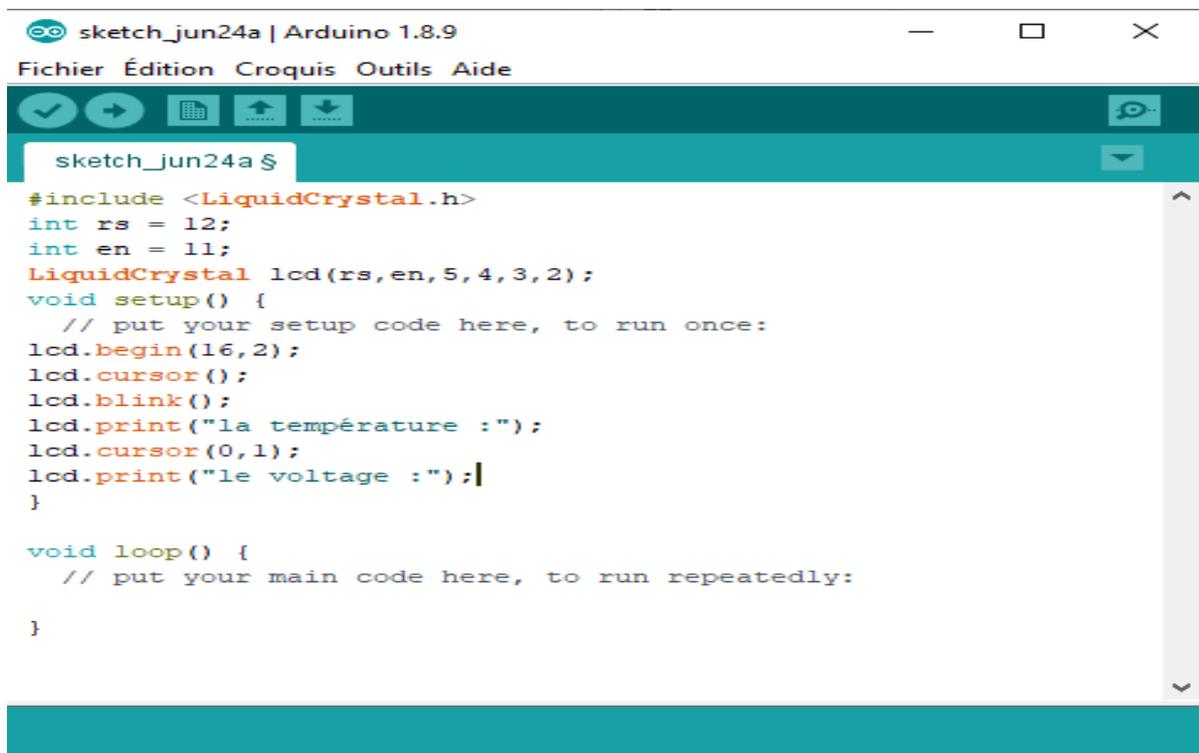


Figure 4.7 : le code source LCD sur IDE.

b) nous avons réalisé l’afficheur LCD et obtenu le résultat dans la figure 4.9 :

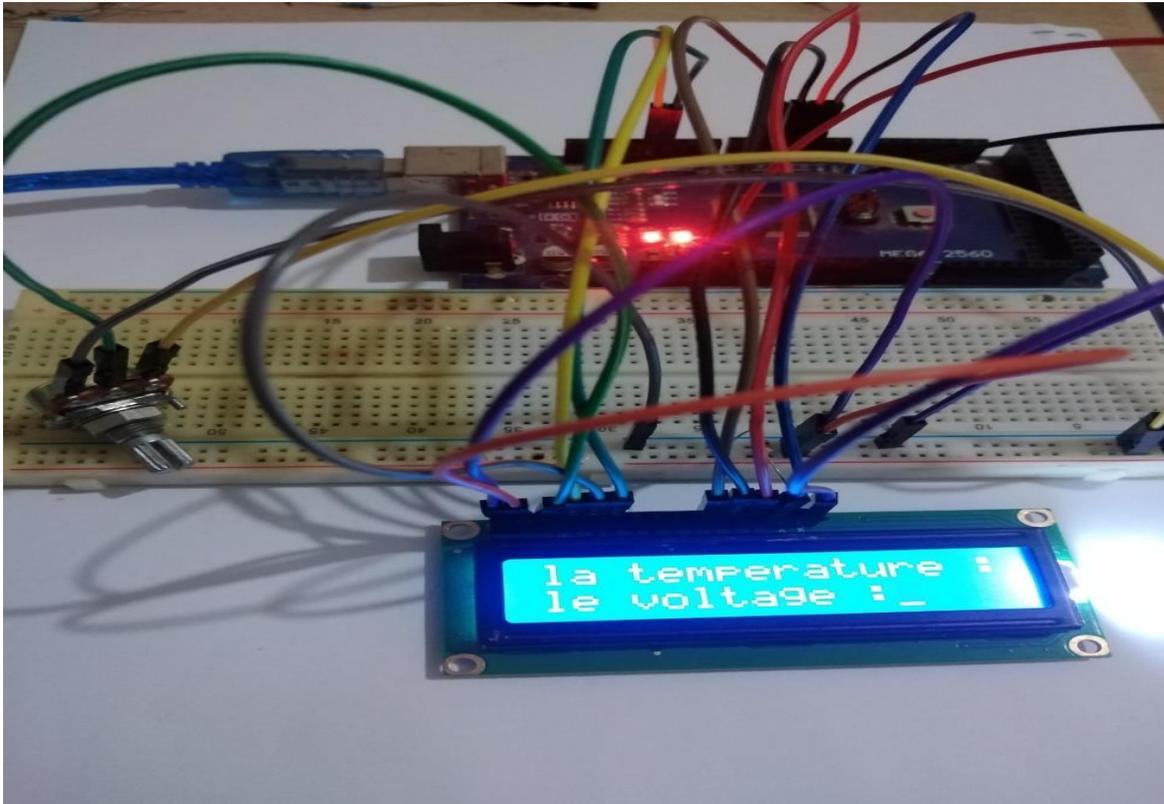


Figure 4.8 : réalisation de l’afficheur LCD.

4.4.3 capter la température et afficher sur LCD

4.4.3.1 Simulation du capteur de température

a) simulation d’un capteur tmp36 au lieu de lm35 parce que no disponible dans le site tinkercad :

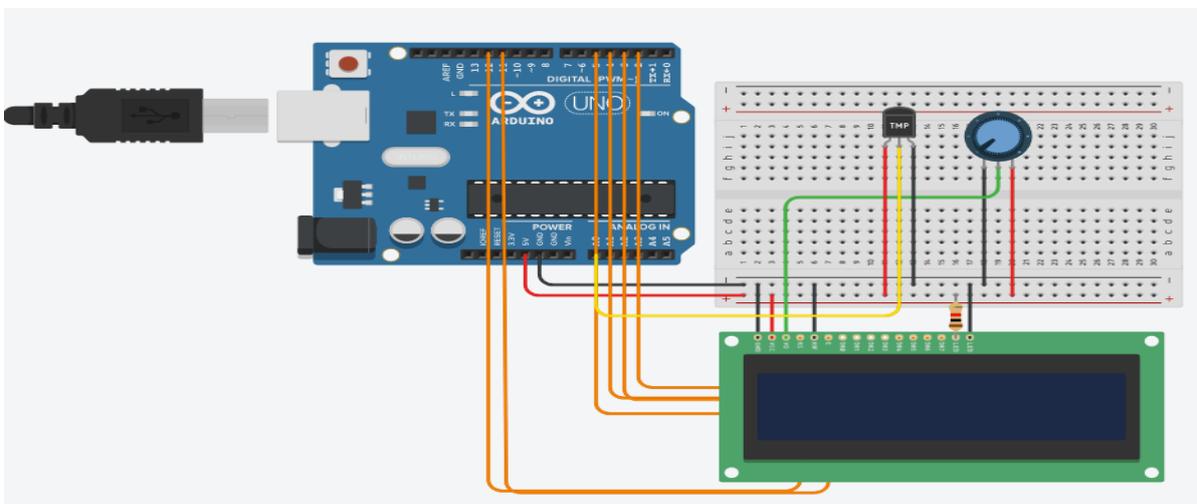


Figure 4.9 : simulation de capteur de la température.

Nous avons utilisé le capteur de vibration car le piézoélectrique no disponible sur Tinkercad.

a) la simulation sur Tinkercad :

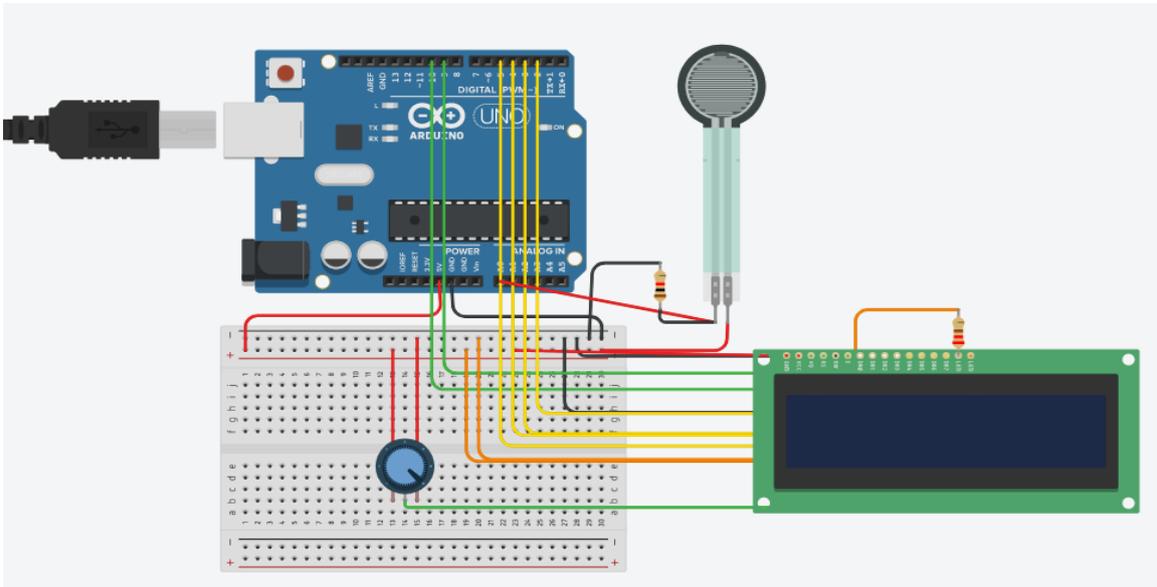


Figure 4.16: simulation du capteur piézoélectrique sur Tinkercad.

Le code source de la simulation du capteur piézoélectrique :

```

1  #include <LiquidCrystal.h>
2
3  int rs=10;
4  int en=9;
5  LiquidCrystal lcd(10, 9, 5, 4, 3, 2);
6  int vibPin=A0;
7  float vibration;
8  void setup()
9  {
10   pinMode(A0, INPUT);
11   Serial.begin(9600);
12
13   lcd.begin(16, 2);
14   lcd.setCursor(0, 0);
15   lcd.print("vibration_val");
16   Serial.print(vibration);
17 }
18
19 void loop()
20 {
21 vibration=analogRead(vibPin);
22 lcd.setCursor(0, 9);
23 lcd.print(vibration);
24 Serial.println(vibration);
25 }

```

Figure 4.17: code source du capteur piézoélectrique.


```

rami_vib
#include <LiquidCrystal.h>

int rs=10;
int en=9;
LiquidCrystal lcd(10,9,5,4,3,2);
int vibPin=A0;
int vibration;
void setup()
{
  pinMode(A0, INPUT);
  Serial.begin(9600);

  lcd.begin(16,2);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("vibration_val");
  Serial.print(vibration);
}

void loop()
{
  vibration=analogRead(vibPin);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(vibration);
  Serial.println(vibration);
  delay(1500);
}
Téléversement terminé

```

Figure 4.20: le code source du capteur sur IDE.

b) voici la réalisation du capteur :

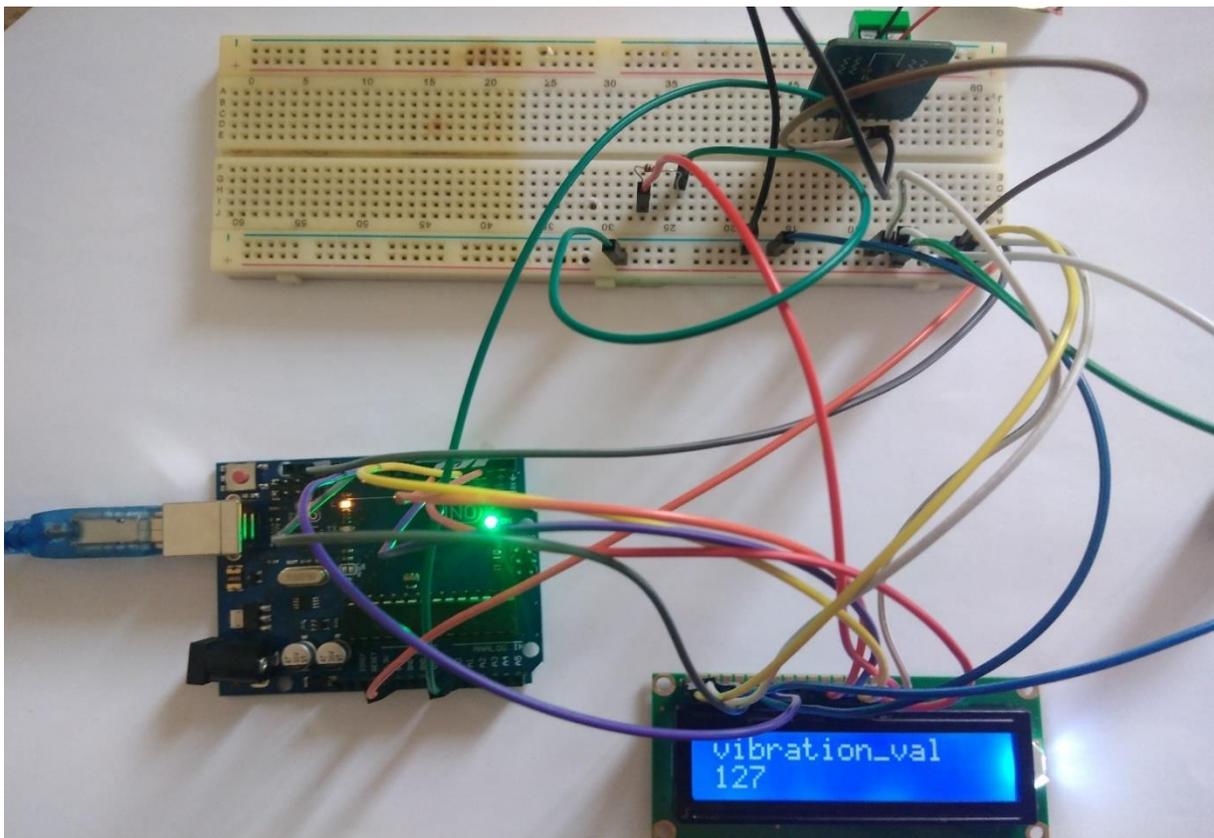


Figure 4.21: réalisation du capteur piézoélectrique.

L'affichage des valeurs obtenu sur le moniteur série ainsi le graphe de la vibration :

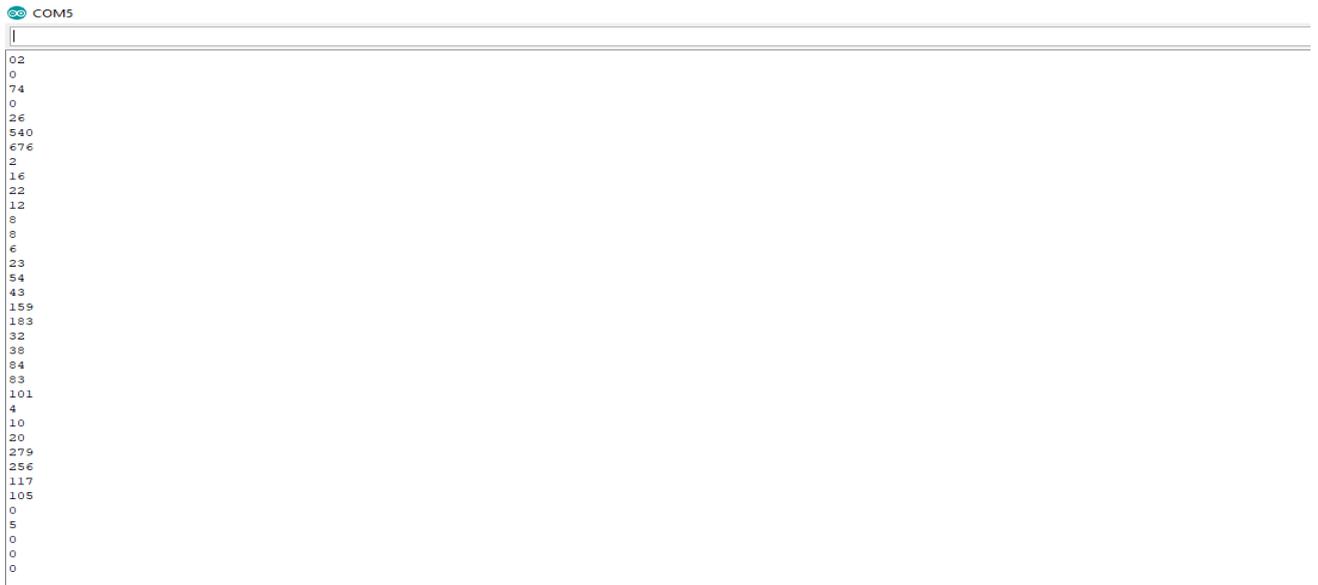


Figure 4.22: l’affichage de la vibration du capteur.

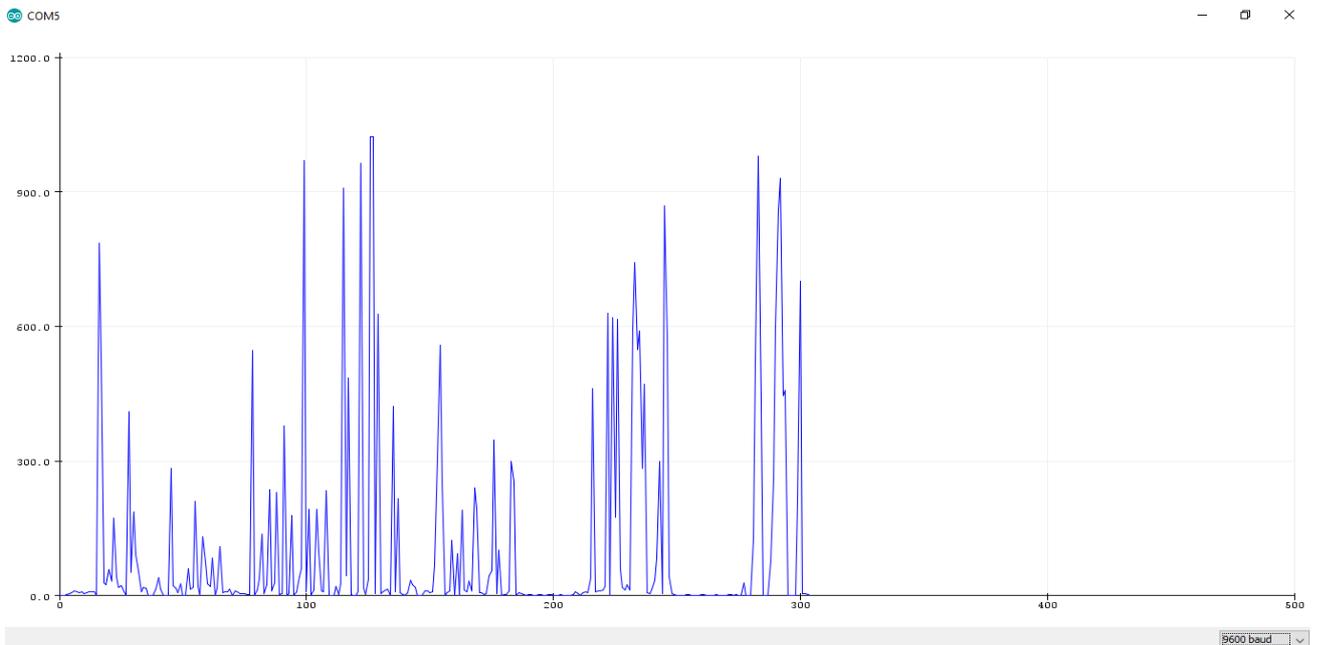


Figure 4.23: le graphe de vibration du capteur piézoélectrique.

4.4.5 Capteur de Température et capteur de vibration sur LCD

4.4.5.1 Simulation

a) nous avons simulé le capteur de vibration et de température en parallèle sur

Le site TINKERCAD et voir le résultat sur l’afficheur LCD 16*2 :

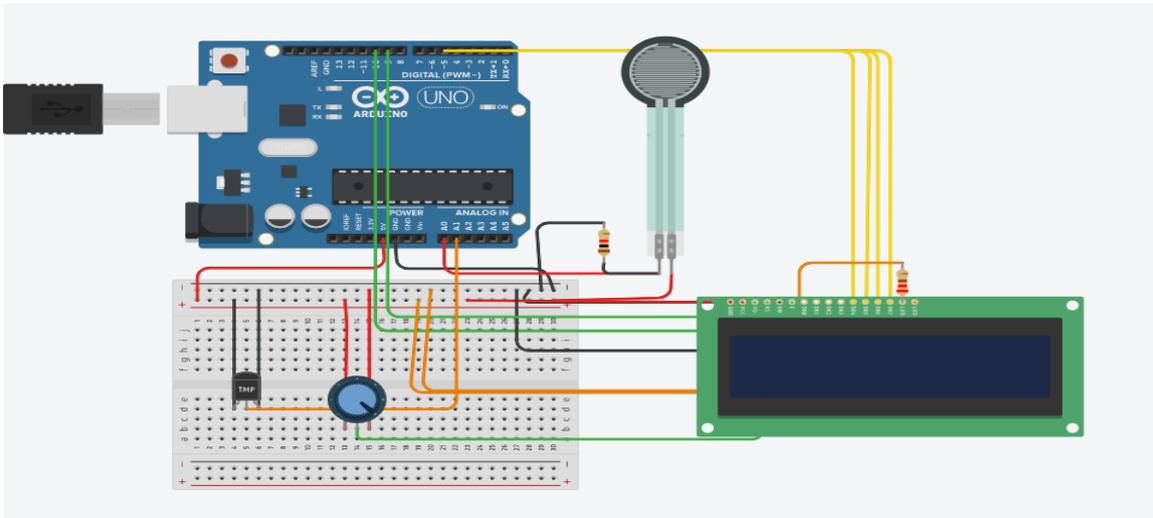


Figure 4.24 : simulation du capteur de vibration et température.

```
#include <LiquidCrystal.h>
int tempPin=A1;
int reading;
float voltage;
float temperature;
int rs=10;
int en=9;
LiquidCrystal lcd(10,9,5,4,3,2);
int vibPin=A0;
float vibration;
void setup()
{
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16,2);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("temperature:");
  Serial.println("temperature:");
}
```

```
void loop()
{
  vibration=analogRead(vibPin);
  reading=analogRead(tempPin);
  voltage=(reading*5.0)/1023;
  temperature=(voltage-0.5)*100;
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("vibration:");
  Serial.println("vibration:");
  lcd.print(vibration);
  Serial.println(vibration);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("temperature:");
  Serial.println("temperature:");
  lcd.print(temperature);
  lcd.print("°C");
  Serial.println(temperature);
}
```

Figure 4.25 : le code source de système.

On a obtenu les résultats de la simulation des capteurs sur tinkercad (voir la figure 4.26, 4.27)

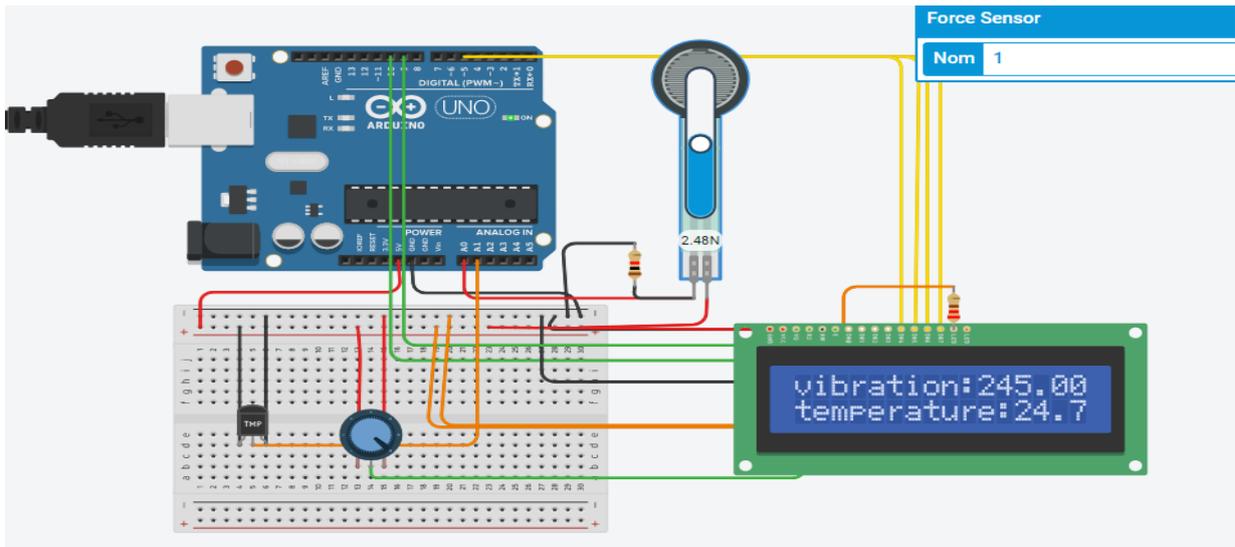


Figure 4.26 : résultat de la simulation des capteurs.

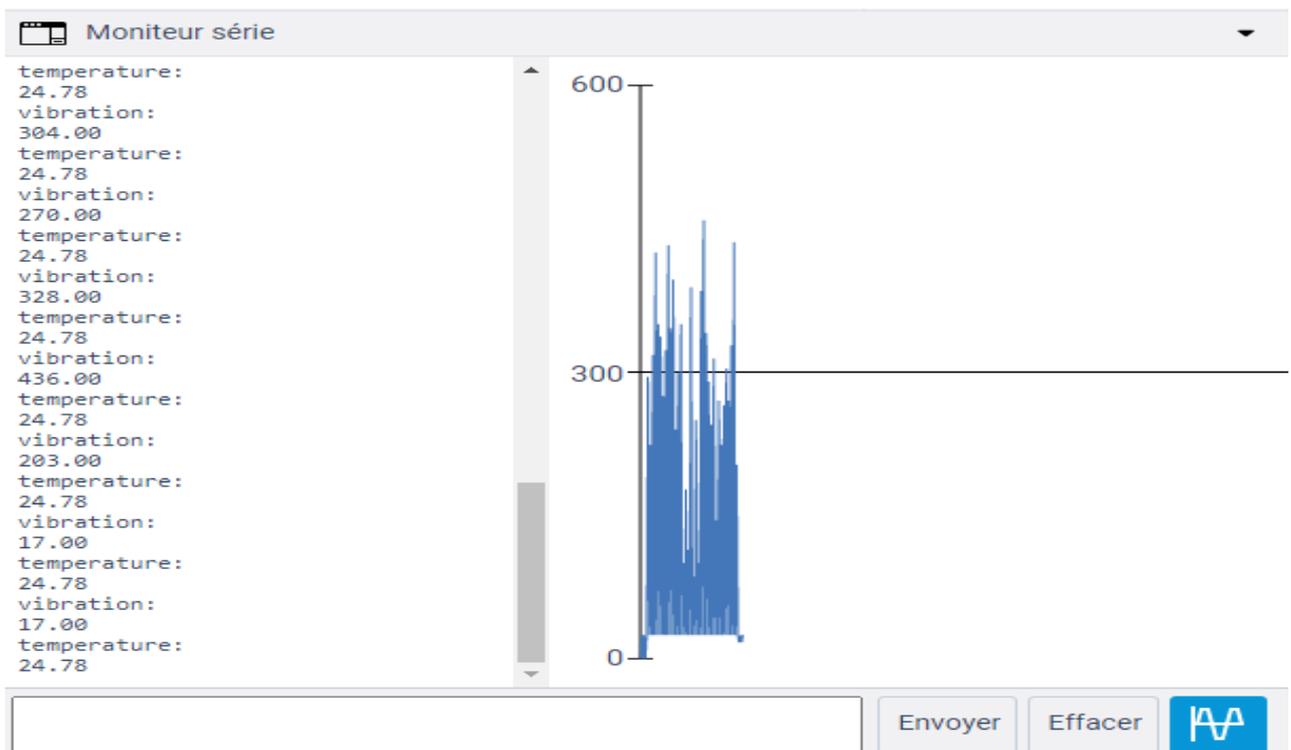


Figure 4.27 : le graphe de la simulation des capteurs.

4.4.5.2 Réalisation les deux capteurs :

On va réaliser le projet de gestion des capteurs :

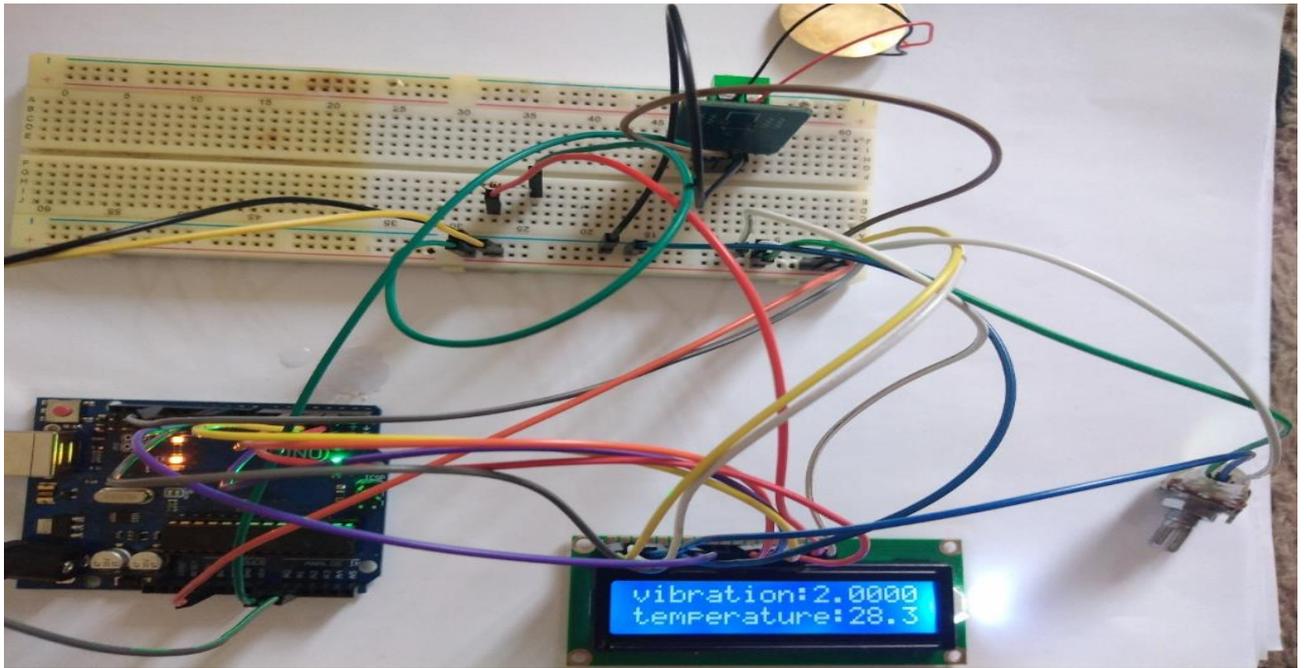


Figure 4.28 : la réalisation de capteur de température et vibration.

```

temp_vib_new
#include <LiquidCrystal.h>
int tempPin=A1;
int reading;
float voltage;
float temperature;
int rs=10;
int en=9;
LiquidCrystal lcd(10,9,5,4,3,2);
int vibPin=A0;
float vibration;
void setup()
{
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16,2);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("temperature:");
  Serial.println("temperature:");
}

void loop()
{
  vibration=analogRead(vibPin);
  reading=analogRead(tempPin);
  voltage=(reading*5.0)/1023;
  temperature=(voltage)*100;
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("vibration:");
  Serial.println("vibration:");
  lcd.print(vibration);
  Serial.println(vibration);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("temperature:");
  Serial.println("temperature:");
  lcd.print(temperature);
  lcd.print("°C");
  Serial.println(temperature);
  delay(2000);
}

```

Téléversement terminé

Figure 4.29 : le code source des capteurs sur IDE.

4.5 connecté module wifi esp8266

Dans cette partie on va créer une application qui connecté avec la carte Arduino, donc d'abord on a obligé du simulé le module wifi pour teste es que il est marche :

4.5.1 testé module wifi avec 2 LED

On a testé deux LED sur l'application Android, on a créé interface sur RemoteXY :

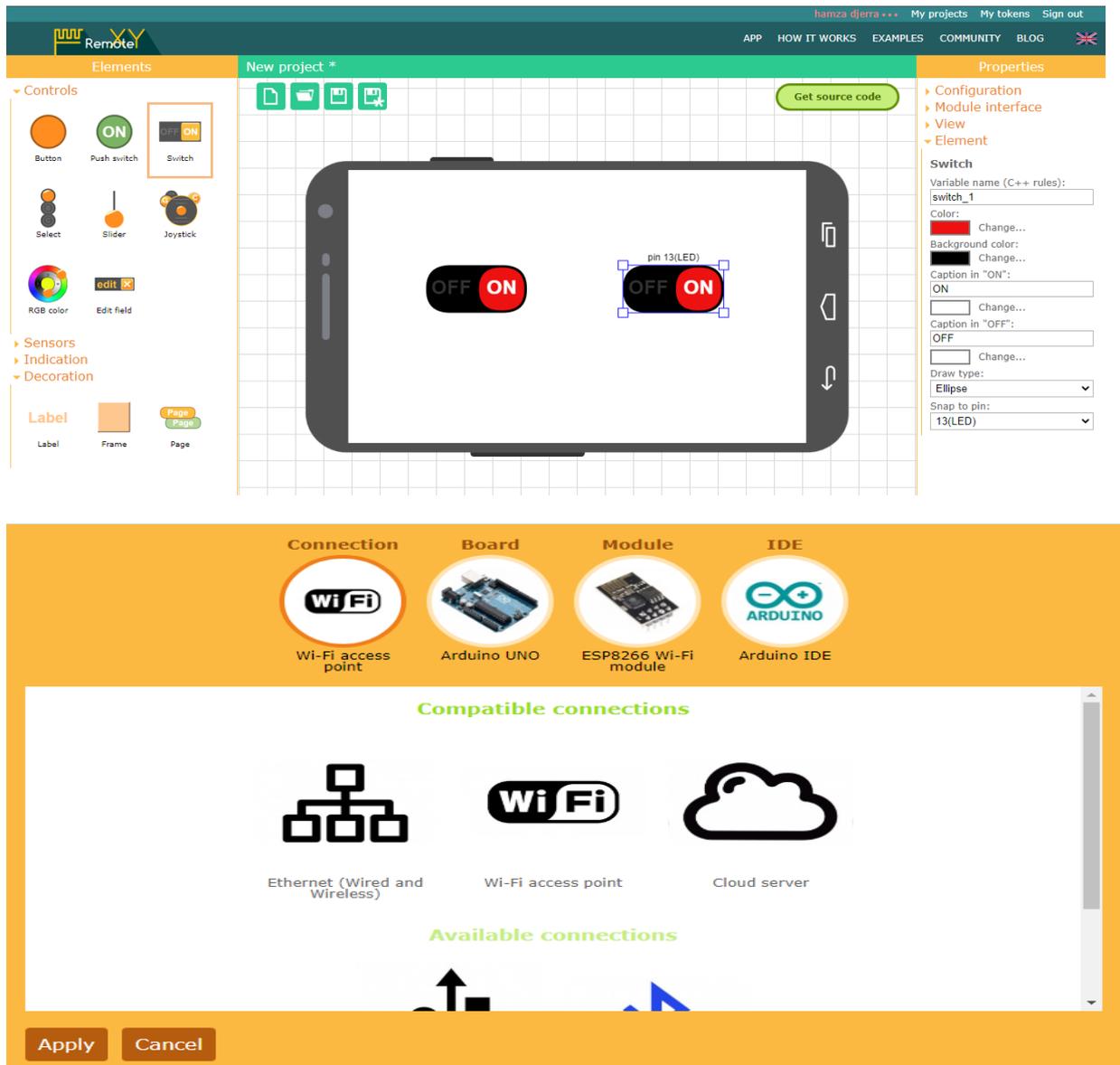


Figure 4.30 : les étapes de la création de l'application.

On passe par propriétés pour régler les paramètres : configuration, Module interface, View, Élément qui se trouve dans le site RemoteXY.

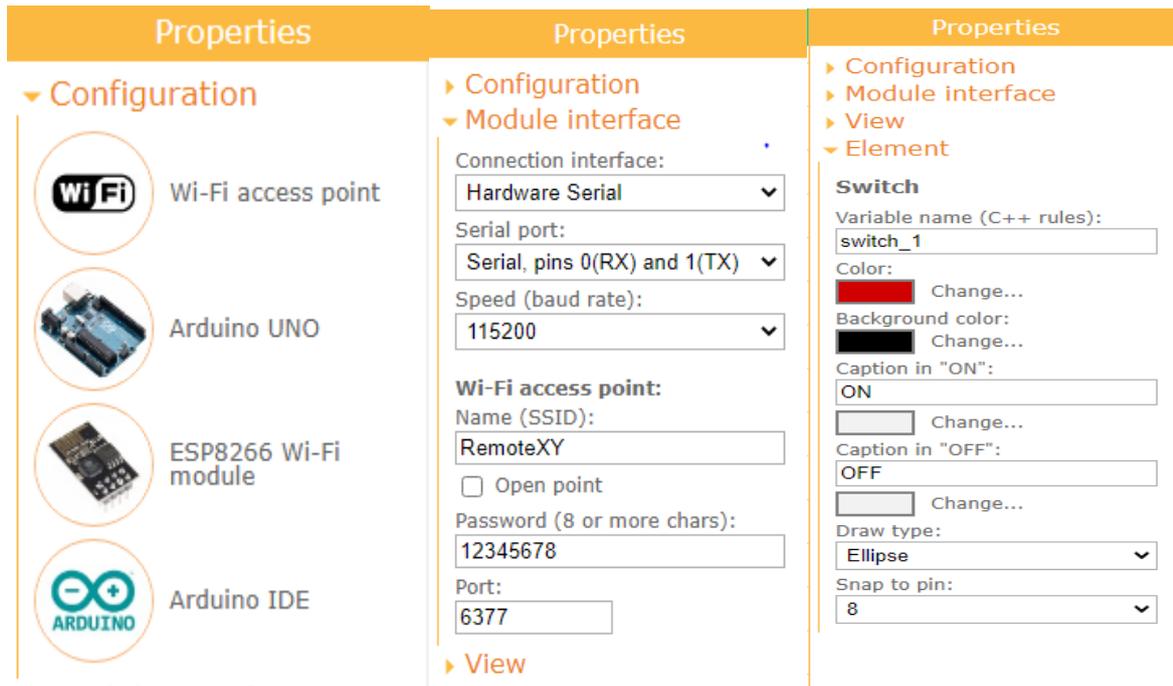


Figure 4.31 : les propriétés de l'application.

Voici le code source du programme :

```

project | Arduino 1.8.9
Fichier Édition Croquis Outils Aide

project
// RemoteXY connection mode and include library
#define REMOTEXY_MODE_ESP8266_HARDSERIAL_POINT

#include <RemoteXY.h>

// RemoteXY connection settings
#define REMOTEXY_SERIAL Serial
#define REMOTEXY_SERIAL_SPEED 115200
#define REMOTEXY_WIFI_SSID "RemoteXY"
#define REMOTEXY_WIFI_PASSWORD "12345678"
#define REMOTEXY_SERVER_PORT 6377

// RemoteXY configurate
#pragma pack(push, 1)
uint8_t RemoteXY_CONF[] = // 44 bytes
{ 255, 2, 0, 0, 0, 37, 0, 16, 31, 0, 2, 1, 60, 22, 22, 11, 1, 24, 31, 31,
  79, 78, 0, 79, 70, 70, 0, 2, 1, 17, 22, 22, 11, 1, 24, 31, 31, 79, 78, 0,
  79, 70, 70, 0 };

// this structure defines all the variables and events of your control interface
struct {

    // input variables
    uint8_t switch_1; // =1 if switch ON and =0 if OFF
    uint8_t switch_2; // =1 if switch ON and =0 if OFF

    // other variable
};

Téléversement terminé
Utilisation de la bibliothèque RemoteXY version 3.1.9 dans le dossier: C:\Users\rami\Documents\Arduino\libraries\RemoteXY
"C:\Users\rami\AppData\Local\Arduino15\packages\arduino\tools\avr-gcc\7.3.0-atmel3.6.1-arduino7\bin/avr-size" -A "C:\Users\rami\AppData\Local\Temp\arduino_build_132077\project.
Le croquis utilise 10586 octets (32%) de l'espace de stockage de programmes. Le maximum est de 32256 octets.
Les variables globales utilisent 653 octets (31%) de mémoire dynamique, ce qui laisse 1395 octets pour les variables locales. Le maximum est de 2048 octets.

```

Figure 4.32 : la compilation du code.

```

#define PIN_SWITCH_1 13
#define PIN_SWITCH_2 10

void setup()
{
  RemoteXY_Init ();

  pinMode (PIN_SWITCH_1, OUTPUT);
  pinMode (PIN_SWITCH_2, OUTPUT);

  // TODO you setup code
}

void loop()
{
  RemoteXY_Handler ();

  digitalWrite (PIN_SWITCH_1, (RemoteXY.switch_1==0)?LOW:HIGH);
  digitalWrite (PIN_SWITCH_2, (RemoteXY.switch_2==0)?LOW:HIGH);
}

```

Figure 4.33 : le code source d'application.

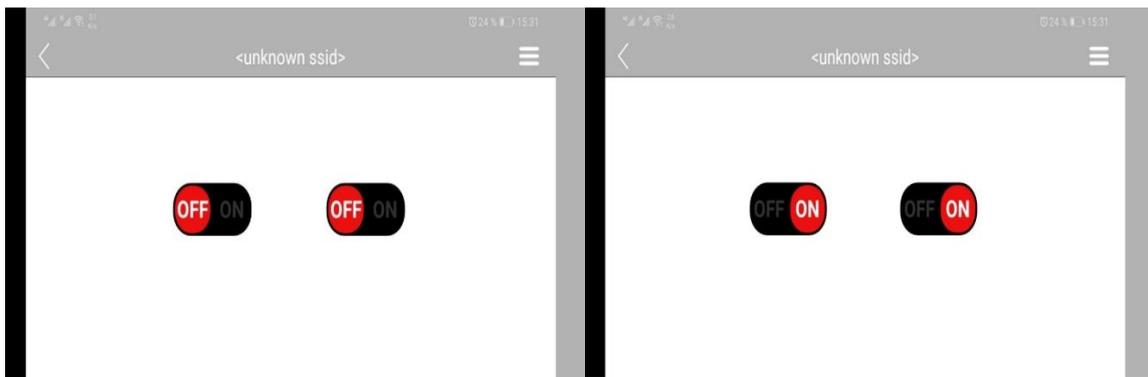


Figure 4.34 : l'application sur le téléphone.

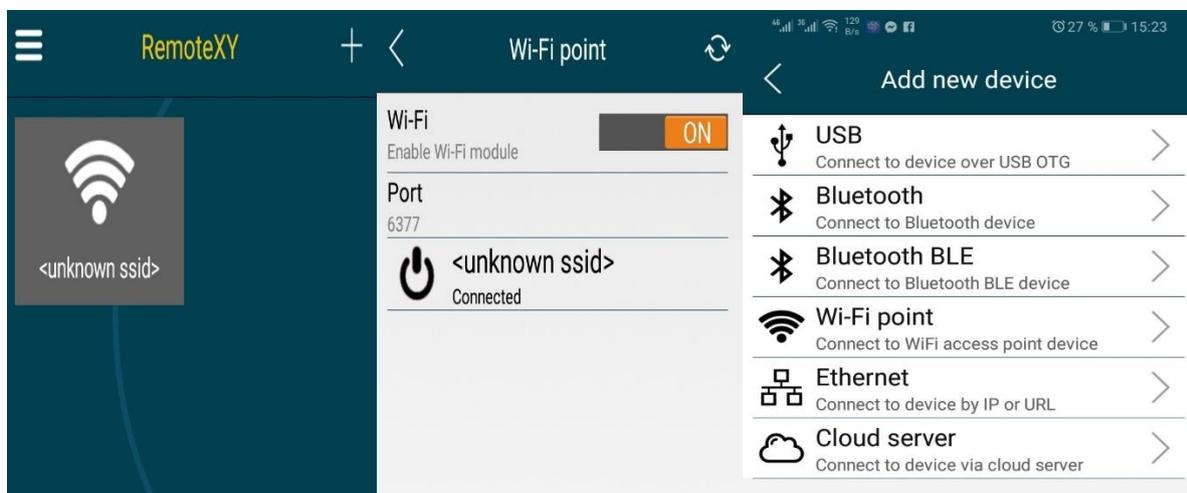


Figure 4.35 : les étapes de connecté avec le module wifi 8266.

La réalisation du programme connecté avec le module wifi 8266 et la carte arduino en plus les deux LED :

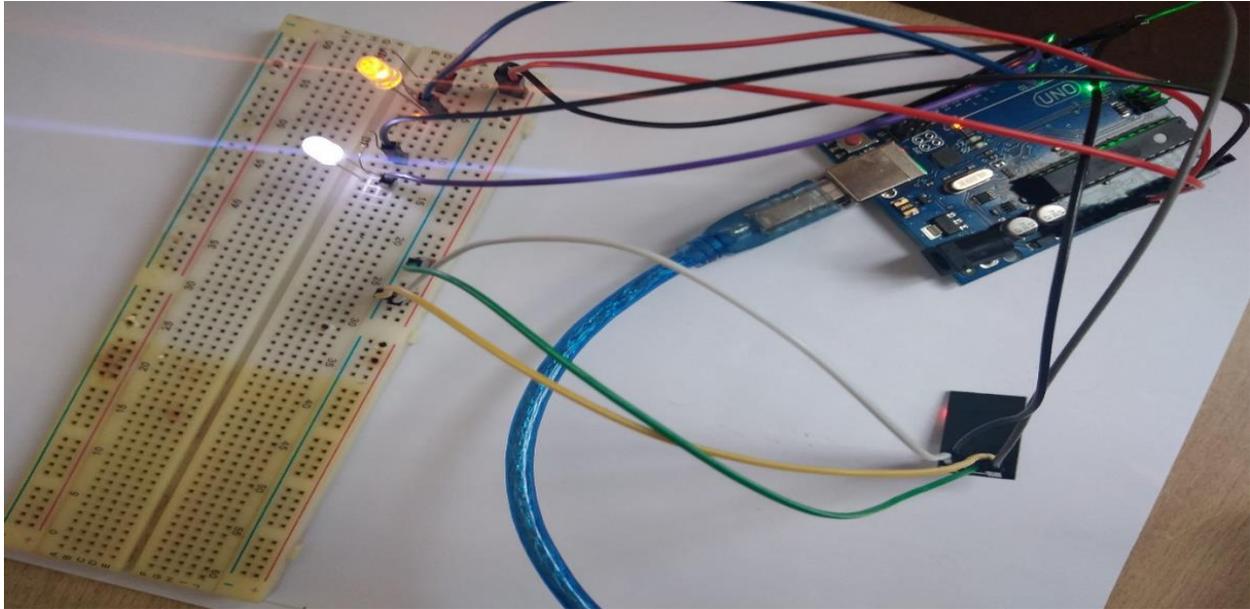


Figure 4.36 : testé module WIFI 8266 avec la carte ARDUINO.

4.6 simulé la température et le voltage :

Le code source de l'application connecte avec le capteur de température avec module wifi 8266 :

```
int temp;
float voltage;
const int tempPin=A0;
float temperature;

////////////////////////////////////

#include <RemoteXY.h>

// RemoteXY connection settings
#define REMOTEXY_SERIAL Serial
#define REMOTEXY_SERIAL_SPEED 115200
#define REMOTEXY_WIFI_SSID "RemoteXY"
#define REMOTEXY_WIFI_PASSWORD "12345678"
#define REMOTEXY_SERVER_PORT 6377

// RemoteXY configurate
#pragma pack(push, 1)
uint8_t RemoteXY_CONF[] = // 93 bytes
{ 255,0,0,22,0,86,0,16,28,0,129,0,32,8,37,6,8,76,77,51,
  53,32,83,101,110,115,111,114,0,129,0,3,38,49,6,8,116,101,109,112,
  101,114,97,116,117,114,101,32,40,67,41,32,58,0,67,5,55,38,27,6,
  2,26,11,129,0,11,26,34,6,8,118,111,108,116,97,103,101,32,40,86,
  41,32,58,0,67,5,55,26,27,6,2,26,11 };

// this structure defines all the variables and events of your control interface
struct {

    // output variables
    char text_temperature[11]; // string UTF8 end zero
    char text_voltage[11]; // string UTF8 end zero

    // other variable
    uint8_t connect_flag; // =1 if wire connected, else =0
```

```

} RemoteXY;
#pragma pack(pop)

////////////////////////////////////
//          END RemoteXY include          //
////////////////////////////////////

void setup()
{
  RemoteXY_Init ();
}

void loop()
{
  RemoteXY_Handler ();
  temp=analogRead(tempPin);
  voltage=(temp*5.0)/1023;
  temperature=(voltage-0.5)*100;
  dtostrf(voltage, 0, 1, RemoteXY.text_voltage);
  dtostrf(temperature, 0, 1, RemoteXY.text_temperature);}
}

```

Téléversement terminé

Le croquis utilise 12954 octets (40%) de l'espace de stockage de programmes. Le maximum est de 32256 octets.
Les variables globales utilisent 677 octets (33%) de mémoire dynamique, ce qui laisse 1371 octets pour les variables locales. Le maximum est de 2048 octets.

Figure 4.37 : code source de capteur de température connecté avec l'application.

La réalisation du programme :

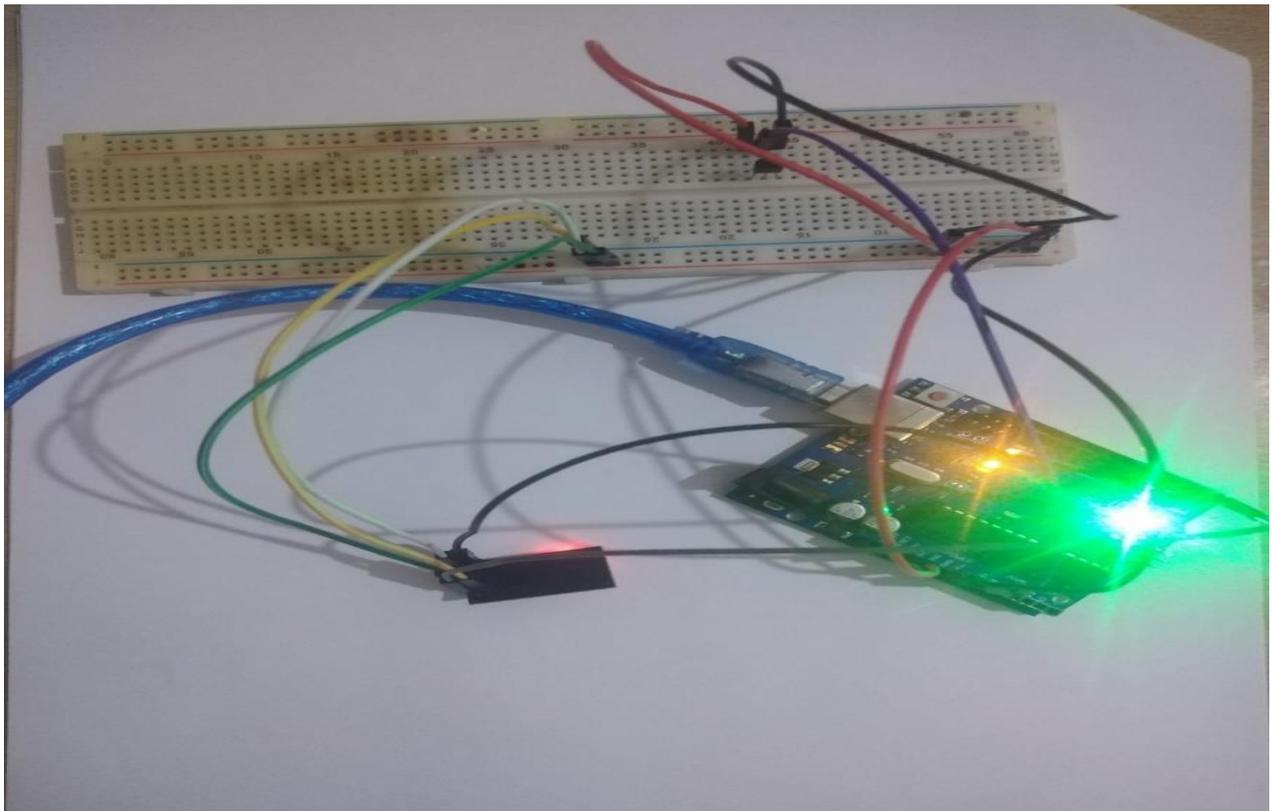


Figure 4.38 : réalisation du capteur de température connecté à l'application.

Remarque : On va utiliser cette fonction pour envoyer la valeur de température vers l'application Android pour affichée :

- `dtostrf (voltage, 0, 1, RemoteXY.text_voltage);`
- `dtostrf (temperature, 0, 1, RemoteXY.text_temperature);`

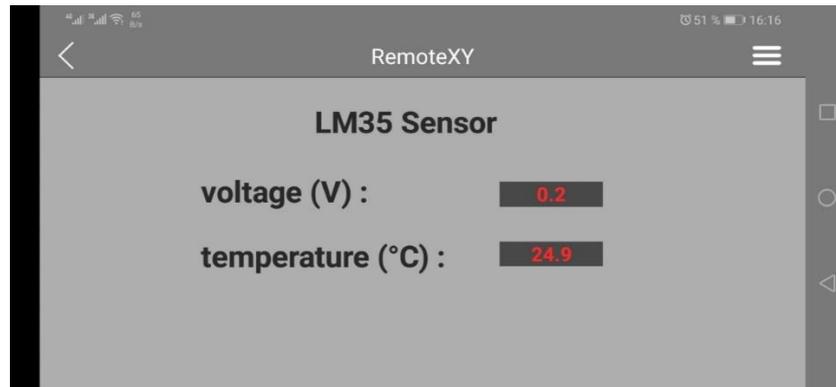


Figure 4.39 : lire la température et le voltage sur l’application ANDROID.

4.6.1 la combinaison entre la température et la vibration et afficher les résultats sur l’application Android :

Le code source d’application connecté avec capteur de température et vibration :

```
// RemoteXY configurate
#pragma pack(push, 1)
uint8_t RemoteXY_CONF[] = // 171 bytes
{ 255,0,0,37,0,164,0,16,112,0,129,0,9,3,83,6,8,76,77,51,
  53,32,83,101,110,115,111,114,32,38,32,70,111,114,99,101,32,83,101,110,
  115,111,114,0,129,0,6,12,34,6,8,118,111,108,116,97,103,101,32,40,
  118,41,32,58,0,129,0,6,20,47,6,8,116,101,109,112,101,114,97,116,
  117,114,101,32,40,99,41,32,58,0,129,0,6,28,30,6,8,102,111,114,
  99,101,95,118,97,108,32,58,0,68,17,57,35,42,24,8,36,67,5,55,
  11,20,5,1,26,11,67,5,55,20,20,5,1,26,11,67,5,55,28,20,
  5,1,26,11,129,0,1,35,56,6,8,103,114,97,112,104,32,102,111,114,
  99,101,32,115,101,110,115,111,114,58,0 };

// this structure defines all the variables and events of your control interface
struct {

    // output variables
    float onlineGraph_force_val;
    char text_voltage[11]; // string UTF8 end zero
    char text_temperature[11]; // string UTF8 end zero
    char text_force_val[11]; // string UTF8 end zero

} RemoteXY;
#pragma pack(pop)

//////////////////////////////////////
//                               END RemoteXY include                               //
//////////////////////////////////////

void setup()
{
    RemoteXY_Init ();
}

void loop()
{
    RemoteXY_Handler ();
    temp=analogRead(tempPin);
    force_val=analogRead(A1);
    voltage=(temp*5.0)/1023;
    temperature=(voltage-0.5)*100;
    dtostrf(voltage, 0, 1, RemoteXY.text_voltage);
    dtostrf(temperature, 0, 1, RemoteXY.text_temperature);
    dtostrf(force_val, 0, 1, RemoteXY.text_force_val);
    RemoteXY.onlineGraph_force_val=float(analogRead(A0))/204.8;
    delay(1500);!
}
```

Figure 4.40 : code source d’application connectée avec les deux capteurs.

4.7.1 Simulation générale du système :

On va simuler sur tinkercad (figure 4.43)

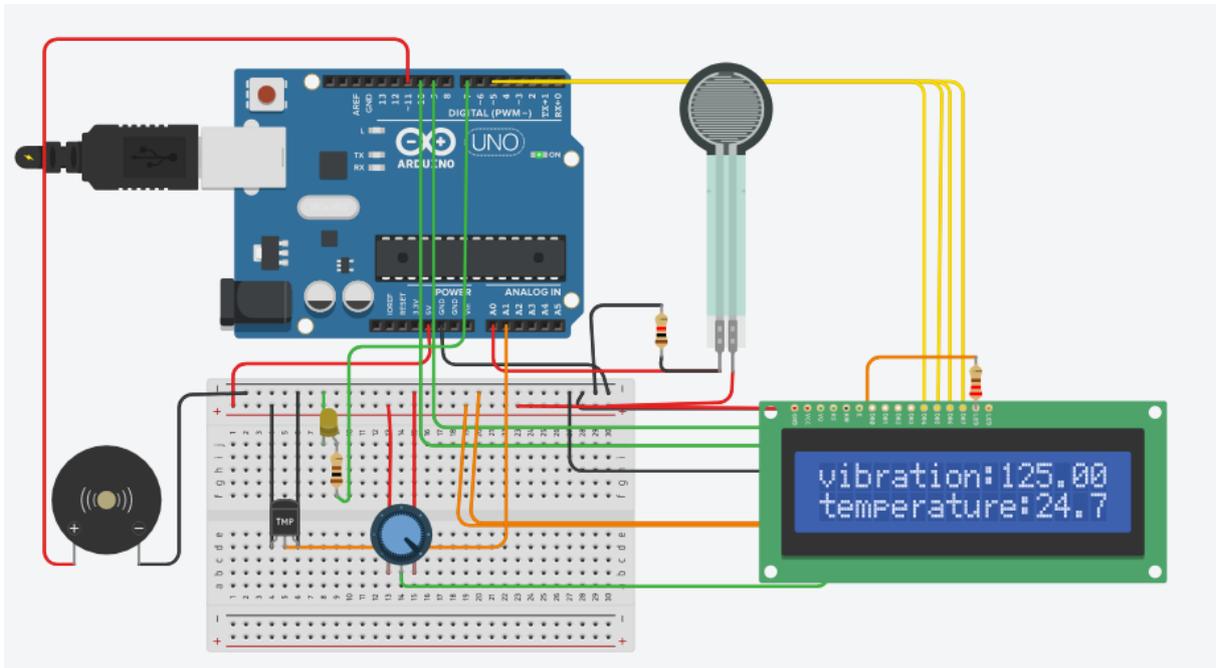


Figure 4.43 : simulation du circuit générale du système.

Le code de la simulation créée sur tinkercad, le principe de code permet de capter la température et vibration du système et lorsque il Ya une anomalie comme la température maximale aussi la vibration le buzzer et LED indique un avertissement buzzer sonnée et LED allumée.

```
#include <LiquidCrystal.h>
int tempPin=A1;
int reading;
int buzzer=11;
int ledpin=7;
float voltage;
float temperature;
int rs=10;
int en=9;
LiquidCrystal lcd(10,9,5,4,3,2);
int vibPin=A0;
float vibration;
void setup()
{
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16,2);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("temperature:");
  Serial.println("temperature:");
}
```

```

void loop()
{
  vibration=analogRead(vibPin);
  reading=analogRead(tempPin);
  voltage=(reading*5.0)/1023;
  temperature=(voltage-0.5)*100;
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("vibration:");
  Serial.println("vibration:");
  lcd.print(vibration);
  Serial.println(vibration);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("temperature:");
  Serial.println("temperature:");
  lcd.print(temperature);
  lcd.print("°C");
  Serial.println(temperature);
  if(vibration>100)
  {
    tone(buzzer,vibration);
    digitalWrite(ledpin,HIGH);
  }
  if(temperature>40)
  {
    tone(buzzer,temperature);
    digitalWrite(ledpin,HIGH);
  }
  delay(1000);
}

```

Figure 4.44 : code source du circuit générale du système.

4.7.2 Réalisation du circuit générale

La réalisation se fait dans IDE logiciel d'arduino.1.8.9 :



Figure 4.45 : réalisation du circuit générale du système.

Le code source générale du système sur IDE :

```

#include <LiquidCrystal.h>
int buzzer=8;
float temperature;
float voltage;
int vibration;
int vibpin=A0;
int tempin=A1;
int ledpin=7;
int reading;
LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,2);

/////////////////////////////////////////////////////////////////
//          RemoteXY include library          //
/////////////////////////////////////////////////////////////////

// RemoteXY select connection mode and include library
#define REMOTEXY_MODE__ESP8266_HARDSERIAL_POINT

#include <RemoteXY.h>

// RemoteXY connection settings
#define REMOTEXY_SERIAL Serial
#define REMOTEXY_SERIAL_SPEED 115200
#define REMOTEXY_WIFI_SSID "RemoteXY"
#define REMOTEXY_WIFI_PASSWORD "12345678"
#define REMOTEXY_SERVER_PORT 4000

// RemoteXY configurate
#pragma pack(push, 1)
uint8_t RemoteXY_CONF[] = // 187 bytes
{ 255,0,0,29,0,180,0,16,31,2,129,0,8,5,38,6,12,9,18,6,
  8,116,101,109,112,195,169,114,97,116,117,114,101,32,58,0,129,0,8,13,
  32,6,16,20,18,6,8,118,105,98,114,97,116,105,111,110,32,58,0,129,
  0,8,20,59,6,16,32,18,6,8,103,114,97,112,104,101,32,100,101,32,
  118,105,98,114,97,116,105,111,110,32,58,0,129,0,58,50,20,6,22,47,
  18,6,8,65,108,97,114,109,101,0,129,0,84,50,12,6,53,50,18,6,
  8,76,69,68,0,68,17,6,28,48,28,9,33,20,20,8,36,67,5,62,
  5,20,5,53,5,20,5,38,26,11,67,5,62,13,20,5,53,12,20,5,
  38,26,11,69,0,63,36,10,10,53,36,10,10,1,70,16,85,36,9,9,
  53,36,9,9,26,1,0 };

// this structure defines all the variables and events of your control interface
struct {

    // output variables
    float onlineGraph_1;
    char text_1[11]; // string UTF8 end zero
    char text_vibration[11]; // string UTF8 end zero
    int16_t sound_1; // =0 no sound, else ID of sound, =1001 for example, look sound list in app
    uint8_t led_1; // led state 0 .. 1

    // other variable
    uint8_t connect_flag; // =1 if wire connected, else =0

```

```

} RemoteXY;
#pragma pack(pop)

////////////////////////////////////
//          END RemoteXY include          //
////////////////////////////////////

void setup()
{
  RemoteXY_Init ();

  RemoteXY_Init ();
  pinMode (A0, INPUT);
  pinMode (A1, INPUT);
  pinMode (ledpin, OUTPUT);
  pinMode (buzzer, OUTPUT);

  lcd.begin (16, 2);
  //Serial.begin (9600);

  // TODO you setup code
}

void loop()
{
  RemoteXY_Handler ();
  vibration=analogRead(vibpin);
  reading=analogRead(temppin);
  voltage=(reading*5.0)/1024;
  temperature=(voltage) *100;
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("vibration:");
  lcd.print(vibration);
  //Serial.println("vibration :");
  //Serial.println(vibration);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("temperature:");
  lcd.print(temperature);
  //Serial.println("température :");
  //Serial.println(temperature);
  if(temperature>70)
  {
    tone (buzzer, temperature);
    digitalWrite (ledpin, HIGH);
    RemoteXY.sound_l=1;
    RemoteXY.led_l=1;
  }
  if(vibration>150)
  {
    tone (buzzer, vibration);
    digitalWrite (ledpin, HIGH);
  }
}

```

```

    RemoteXY.sound_1=1;
    RemoteXY.led_1=1;
}
if(vibration>150)
{
    tone(buzzer,vibration);
    digitalWrite(ledpin,HIGH);
    RemoteXY.sound_1=1;
    RemoteXY.led_1=1;
}
dtostrf(temperature, 0, 1, RemoteXY.text_1);
dtostrf(vibration, 0, 1, RemoteXY.text_vibration);
RemoteXY.onlineGraph_1=float(analogRead(A0))/204.8;

delay(2000);

}

```

Figure 4.46 : code source du circuit générale du système.



Figure 4.47 : Projet finale de circuit.

4.8 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons conçu, simulé et réalisé notre système qui consisté à capter la température et la vibration du turbine à vapeur et affichée sur afficheur LCD plus l'Application Android. Lorsque il Ya anomalie le système réagie Automatiquement.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Dans ce mémoire et à partir du stage pratique qui nous avons fait à la centrale thermique de Ras-djinet on a compris le fonctionnement des différents mécanismes et machine tournante dans l'usine, et nous a permis d'acquérir et approfondir nos connaissances théoriques à l'effet de les maitres en pratique. D'autre part on a traité un sujet d'une grande importance.

Le but du travail effectué dans le cadre de notre projet, avec l'appui d'un stage pratique au sein de la centrale thermique de CAP-DJINET, est de réaliser une solution programmable pour la gestion et la commande des capteurs température et vibration connecté à une carte de développement présenté sur interface Android.

L'objectif du projet c'est facilité la communication entre l'ingénieur et le problème trouvée dans la salle du commande par la création du système permettra du récupéré les alertes et de réagie automatiquement. A travers de construire un circuit se compose de carte arduino, capteur de température LM35, capteur de vibration (piézoélectrique), module wifi ESP8266, interface Android permettre de l'ingénieur du consulté les messages on cas de l'absence dans la salle du commande, aussi on a consulté tous les informations reçu par les problèmes comme l'augmentation du température et l'intensité du vibration du turbine à vapeur et mettre une limite dans le programme plus de mettre une alarme en cas d'anomalie.

Les solutions obtenues dans le projet, la réponse automatique en cas trouvée le problème, facilité la communication entre l'ingénieur et le problème, assurée le bon fonctionnement du système gestion des capteurs au niveau des turbines à vapeur, la protection des caractéristiques techniques du cycle combiné contre les dommages, mais ont trouvé des problèmes parce que à travers des études nous avons trouvé que l'augmentation de la distance entre l'ingénieur et les turbines à vapeur influencé sur le système car la communication avec le WIFI sera faible donc l'application no connecté, en plus la température du turbine à vapeur plus élevé et nous avons LM35 avec un température 150°C il faut choisir un capteurs résister les grands température, il ya des composantes dans le site du simulation tinkercad pas trouvé comme capteur du vibration en utilise (force sensor).

Donc on a essayé d'améliorer le projet (Amélioration possible) d'ajouter une vanne pour l'arrêté automatique lorsque il y a un avertissement, ajouter un fixateur pour démunie la vibration des turbines, chaque distance dans la centrale ajouter un wifi pour garder même l'intensité de signale et facilité la communication, ajouter des capteurs meilleurs précision et grand rendement et grand résistance.

Références bibliographies

Références bibliographies

[1] Documentation interne de la nouvelle centrale électrique cap-djinet.

KWU : service de formation professionnelle, fichier de la centrale thermique de cap djinet/numéro d'enregistrement 5525.

[2] Oukhaf Achraf, Hssiba, procédés technologiques de traitement d'eau de mer de la station dessalement CAP-DJINET et application de l'analyse ABC au niveau de la pompe d'eau de mer WE, Université boumerdès ,25/07/2021.

[3] Noureddine, Mouhoun, contribution à l'étude énergétique d'une centrale électrique à cycle combiné, université Mohamed Boudiaf Msila, 2017.

[4] l'Ontario.koch.frans F.hydropower internalized costs and externalized benefits, Comment ça marche, production de l'électricité. ONTARIO POWER GENERATION (Société d'exploitation du réseau d'électricité) Office de l'électricité de. Agence international de l'énergie, Ottawa, 2000 .exprimer aux professeurs de sciences de l'Ontario. www.opg.com/learningzo

[5] Mikhaïl Kottenko et Ludvika Petrovski, *Machines électriques*, t. I, *Machines à courant continu, transformateurs*, Éditions de Moscou (MIR), 1969, 3^e édition, 1979, 766 p., « Deuxième partie – Transformateurs », chap. XII à XXII, p. 370-577.

Charles Harle, *Machines électriques et essais de Machines*, Société française des électriciens – École supérieure d'électricité, Paris, 1960, chap. « Transformateurs », p. 118-180.

[6] Aouane Hichem, Azzouz wail Oussama, étude et simulation d'un écoulement turbulent à travers une aube de type NACA23012, université boumerdès, 2020/2021

[7] Hafid Riad, Suivi du dessalement d'eau de mer par le procédé multi stage flache msf, université boumerdès, juin 2017.

[8] Farid TATA-DUCRU « dessalement de l'eau de mer : bilan des dernières avancées technologiques ; bilan économique ; analyse critique en fonction des contextes », janvier 2009,

- [9] KRIM Belkacem, OUADHI Younes, Thème Automatisation d'une pompe alimentaire à base d'un API S7-300 SIMENS Centrale thermique de CAP-DJINET, université Mouloud MAMMARI, juillet 2017.
- [10] Touil maamar, laboudi Djamel Eddine, effet de l'injection de vapeur dans la chambre à combustion sur les performances du cycle combiné, université Saad dahleb el Blida 2015/2016.
- [11] Jean-Marie MONTEIL, «Centrale à cycle combiné Théorie performances, modularité", Techniques de l'ingénieur, BE 8905.
- [12] A.KERTOUS, F.LEGUEBEDJ, mémoire d'ingénieur d'état, la mise en place d'un process safety Management system central thermique à cycle combiné ras-djinet, école nationale polytechnique, 2021
- [13] Chubu Electric Power's Nishi-Nagoya Thermal Power Station Unit 7-1 Recognized by Guinness World Records as World's Most Efficient Combined Cycle Power Plant: Achieved 63.08% Power Generation Efficiency [archive], Chubu Electric Power Co. Inc. et Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation, sur chuden.co.jp, 27 mars 2018
- [14] Francis Meunier, *Aide-mémoire : Thermodynamique de l'ingénieur : Énergétique - Changement climatique*, Paris, Dunod, 2009, 2^e éd., 367 p. (ISBN 978-2-10-052103-6)
- [15] Renaud Gicquel, « Turbines à gaz » [archive], sur l'école nationale supérieur des mines de paris (consulté le 24 décembre 2017).
- [17] Benterkia Oussama, Mouaki benani ziad slimane, diagnostic comme outil de maintenance conditionnelle au sein d'une centrale à cycle combiné, université boumerdès, 2020/2021.
- [18] METALLAOUI NASSIM, étude thermodynamique de la turbine à gaz MS7001EA au niveau du complexe GNL1K de Skikda, université badji Mokhtar ANNABA, 2016/2017.
- [19] NESRAOUI ILIAS, Analyse et simulation de refroidissement des aubes d'une turbine à gaz, université KASDI MERBAH OURGLA, 2015/2016.
- [20] DOTOU SAMUEL, étude de la combustion dans les turbines à gaz, école polytechnique d'ABOMEY-CALAVI, 2013/2014.

- [21] BENNACER Salim, REHOUMA Omar, OUKIL Juba, étude comparative des performances obtenues lors de l'injection de la vapeur d'eau en amont de chambre de combustion d'une turbine à gaz MS5002B, université KASDI MERBAH OURGLA 21/06/2018
- [22] TELLACHE NORDINE, influence des paramètres du système de détente sur le fonctionnement de centrale thermique de cap-djinet, université mouloud Mammeri tizi ousou, 2011-2012.
- [23] CHELBI MONCEF EL ISLEM, étude exégétique d'une centrale thermique à vapeur, université BADJI MOKHTAR ANNABA 2016-2017.
- [24] DJABRI MALEKEDDINE, Etude numérique des caractéristiques géométriques des aubes à action des turbines à vapeur, université de Tébessa 2014-2015.
- [25] GUEMMANE RABAH, HAMANI LOUNES, étude technologique de la turbine à vapeur et calcul de la FMD, université Boumerdès 2020-2021.
- [26] MOUSSAOUI AMIRA, conception et réalisation d'un bras manipulateur commande par l'Arduino Méga 2560, université boumerdès 2016-2017.
- [27] STAMBOULI ECHAIMAA, BERBARA ROKIA, contrôle de maison à distance, université SAAD DAHLEB BLIDA 2016-2017.
- [28] Mr.M.HADJILA. Conception et réalisation d'un système d'acquisition de données d'un capteur ultrasons HC-SR04 en utilisant un algorithme de filtre de Kalman. Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen (2019)
- [29] BENIKHLEF, Meriem ET BENOTMANE, Ikram. Conception et réalisation d'un système d'acquisition de données d'un capteur ultrasons HC-SR04 en utilisant un algorithme de filtre de Kalman. Thèse de doctorat. (2019)
- [30] BOUCEBSSI MARZAK, MEDJBER AMINE, conception et réalisation d'un système domotique par GSM. Université MOULOUD Mammeri Tizi-Ouzou 10/07/2017.
- [31] MALIK BOUKHALFA, YANIS CHABANE, utilisation d'un capteur de température et de lumière pour un émulateur photovoltaïque, Université MOULOUD Mammeri Tizi-Ouzou 11 octobre 2018.

- [32] BENMAKHOULF SOULEF, AMROUCHE MANEL, commande intelligente de l'éclairage d'une maison université Mohamed Larbi ben m'hidi Oum el bouaghi 2019-2020.
- [33] ADDOU ASMAA, BAHOUS NAWEL. Réalisation d'une maison intelligente à base d'arduino, centre universitaire Ain Témouchnet – BELHADJ BOUCHAIB Septembre 2020.
- [34] CHIBANI SAMIR, BOUKHADRA FOUJIL, commande intelligente des différents objets d'une maison, université Mohamed Larbi ben m'hidi Oum el bouaghi 2020-2021.
- [35] DERBOUZ MAHDJOUBA ASMA, AMARA MOHAMMED, réalisation d'une carte de commande d'une station de pompage à base d'ARDUINO, université ABD EL HAMID IBN BADIS MOSTAGANEM 01/07/2018.
- [36] KHODJA NASSIM, Ammar. Étude et réalisation d'une alarme de température à base d'une carte Arduino. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri. (2018)
- [37] Logiciel Arduino 2.0.0-rc5 outil capteur. PC, 2017.
- [38] BENSALÉM Mohamed Amine, MEHADJI-RAHO Fatima Zohra
« Conception et réalisation d'un système de contrôle intelligent d'une piscine connectée à base d'Arduino » Mémoire de Master, université BELHADJ Bouchaib, département génie électrique soutenu 2018/2019.
- [39] NEBBACHE AKRAM, LAZOUACHE CHAREF EDDINE, DEGDEG SADEK, commande automatique de l'éclairage des escaliers d'un immeuble, université MOHAMED el Bachir el Ibrahimi BORDJ BOU Arreridj 15 Septembre 2021.