

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA 01



**Faculté de Technologie
Département automatique**

Mémoire de Projet de Fin d'Études

Pour l'obtention du diplôme de Master

Option : Automatique Appliquée

Thème

Conception d'un système de contrôle ESD sur ligne

dirigé par :

M. BENCHABANE B SOFIANE

Réalisé par :

1 M. TAIR MAAMOUN

2 M. TAS OUSSAMA ABDELDJALIL

BLIDA Juin 2023

Remerciement

Tout d'abord, Nous remercions -ALLAH- le tout puissant d'avoir nous donner le courage et la patience durant toutes nos années d'études.

Nous présentons nos sincères remerciements avec notre profond respect à nos encadreurs : Madame MAZARI MERIEM et monsieur DIF MOHAMED pour la confiance qu'elle nous a accordée, ses encouragements, et ses précieux conseils, et pour son effort dans ce travail.

Nous remercions chaleureusement notre encadrant Monsieur BENCHABANE BRAHIM SOFIANE pour sa sympathie, ses conseils, son soutien, ses idées et sa disponibilité.

Nous remercions nos chers parents pour leurs encouragements. Enfin, nous tenons également à remercier tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce modeste ouvrage.

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents, ma mère et mon père pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur encouragement.

A mes chères sœurs et chère frère

A toute ma famille.

A tous mes amis et tous ceux qui m'aiment et qui m'ont aidé afin de réaliser ce travail.

M.TAS

Dédicace

Je dédie ce modeste travail A mes chers parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, Pour leur encouragement continu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grand sacrifices

A mes chères Sœurs et leurs enfants

A tous mes amis et collègues

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer

M.TAIR

Résumé

Dans l'industrie électronique et particulièrement dans les chaînes d'insertion et de montage de composants électroniques il existe plusieurs contraintes, parmi elles, on compte le phénomène de décharges électrostatiques connu pour détériorer la qualité des circuits électroniques et générer des coûts de réparations importants. Dans ce travail nous avons proposé un système électronique, à placer sur chaîne ayant de montage et d'insertion, dont le but de détecter une non-conformité dans la mise en œuvre des moyens de préventions contre la décharge électrostatique. Nous avons procédé à la conception et à la réalisation d'un circuit électronique et avons également développé la partie programme sur microcontrôleur. Le système réalisé consiste à vérifier le branchement correct du bracelet antistatique et de provoquer un arrêt automatique de la chaîne dans le cas contraire, en indiquant à l'aide d'un voyant rouge l'emplacement d'origine du problème.

Mots clés : les chaînes d'insertion et de montage de composants électroniques, phénomène de décharges électrostatiques, ESD, bracelet antistatique.

تلخيص

في صناعة الإلكترونيات، وبالتحديد في سلاسل إدخال وتجميع المكونات الإلكترونية، هناك العديد من القيود والتحديات. ومن بين هذه القيود، نجد ظاهرة التفريغ الكهروستاتيكي المعروفة بأنها ضارة وتؤثر سلبًا على جودة المنتج الإلكتروني عند تعرضه لهذا التفريغ، مما يؤدي إلى تكاليف إصلاح مرتفعة.

في هذا العمل، سنقوم بتصميم نظام إلكتروني لوضعه على السلسلة بهدف كشف أي عدم تطابق في تركيب وسيلة الوقاية من التفريغ الكهروستاتيكي، من خلال تصميم مخططنا الإلكتروني من التطوير حتى لحام المكونات وجزءًا للبرمجيات لبرنامج المتحكم الدقيق. يتكون نظامنا من التحقق من توصيل سلسلة الكفاءة الكهر ستاتيكية بشكل صحيح وتوقيف السلسلة تلقائيًا في حالة عدم الامتثال، وذلك عن طريق إشارة بواسطة مؤشر أحمر لموقع المشكلة الأصلية.

كلمات مفتاحية : سلاسل إدخال وتجميع المكونات الإلكترونية , ظاهرة الصدمات الكهروستاتيكية , نظام إلكتروني , سوار التفريغ الكهروستاتيكي .

Abstract

In the electronics industry and particularly in the chains of insertion and assembly of electronic components there are several constraints, among them, there is the phenomenon of electrostatic discharges known to deteriorate the quality of electronic circuits and generate significant repair costs. In this work we have proposed an electronic system, to be placed on a chain having assembly and insertion, the purpose of which is to detect non-compliance in the implementation of the means of prevention against electrostatic discharge. We proceeded to the design and the realization of an electronic circuit and also developed the program part on microcontroller. The system implemented consists of checking the correct connection of the antistatic bracelet and causing an automatic stop of the chain in the opposite case, indicating with the help of a red light the original location of the problem.

Keywords: electronic component insertion and assembly chains, electrostatic discharge phenomenon, ESD, antistatic bracelet.

Table des matières

Introduction Générale.....	1
Chapitre 1: Introduction de l'entreprise	2
1.1 Introduction :.....	3
1.2 Introduction d'entreprise :.....	3
1.3 Département des projets industriels (DPI) :.....	5
1.3.1 La sous-traitance électronique :	5
1.3.2 L'intégration locale :	6
1.3.3 La prévention des décharges électrostatiques :.....	7
1.3.4 La section coopération scientifique :	8
1.4 Département assurance qualité produit :.....	8
1.5 Département de production :	9
1.6 Département logistique :.....	9
1.7 Département SAV :	9
1.8 Département ressource humaine :.....	9
1.7 Département achats locaux :	10
1.8 Département développement électronique grand publique :.....	10
1.9 Problématique :	10
1.10 Conclusion :	10
Chapitre 2 : ESD et solution proposée	11
2.1 Introduction :.....	12
2.2 Décharge Electrostatique :	12
2.3 Impacte des ESD dans l'industrie électronique :	14
2.4 Le standard de prévention ANSI/ESD S20.20 :.....	16
2.5 Outils de prévention ESD :	17
2.5.1 La mise à la terre dans les normes internationales :.....	17
2.5.2 Bracelet antistatique :.....	18
2.5.3 Le moniteur des bracelets ESD :	19
2.6 Architecture global de la solution proposée :	19
2.6.1 Signal d'entrée :	20
2.6.2 Circuit d'isolement (Optocoupleur) :.....	20
2.6.3 Microcontrôleur :	21
2.6.4 Indicateur de défaillance :	22
2.6.5 Actionneur (relai) :.....	23

2.7 Conclusion :	24
Chapitre 3 :Conception et réalisation	25
3.1 Introduction :	26
3.2 L’Optocoupleur :	26
3.2.1 Principe de fonctionnement de l’optocoupleur	
3.2.2 Caractéristiques du PC 817	
3.3 Actionneur (relai) :	27
3.4 Le microcontrôleur de l’Arduino UNO:	28
3.5.1 Caractéristiques générales de l’Atmega328P:	
3.5 Programmation du microcontrôleur :	29
3.6.1 Arduino :	
3.6 Logiciel EAGLE :	32
3.7 Le transistor NPN BC547	34
3.8 Les condensateurs de découplage	35
3.9 Les résistances et les diodes	35
3.10 Conclusion :	36
Chapitre 4 : Mise en œuvre et tests	37
4.1 Introduction :	38
4.2 Le fonctionnement du moniteur :	38
4.2.1 Mise à la terre.....	38
4.2.2 Branchement correct du bracelet anti ESD	39
4.2.3 Bracelet fonctionnel	39
4.3 L’extraction du signal d’entrée :	40
4.3.1 L’extraction du signal de la LED :	41
4.3.2 L’extraction du signal du Buzzer :	42
4.4 L’étage d’isolation des masses :	42
4.5 Montage sur la plaque d’essai :	43
4.6 Organigramme :	44
4.7 Carte réalisée	46
4.8 Conclusion :	47
Conclusion Générale	48
Bibliographie	51

Liste des Figures et Tableaux :

Figure 1.1 : LOGO BOMARE COMPANY	3
Figure 1.2 : BOMARE COMPANY	3
Figure 1.3 : Organigramme structurel de BOMARE COMPANY	4
Figure 1.4 : Image d'une ligne SMT	9
Figure 2.1 : La triboélectricité. [3]	13
Figure 2.2 : Dispositif à semi-conducteur avant (à gauche) et après (à droite) endommagé par un événement ESD.[3]	15
Figure 2.3 : Photographie SEM (scanning electron microscope) de fusion du métal dans un dispositif électronique due à l'ESD.[3]	16
Figure 2.4 : Schéma de circuit de mise à la terre	17
Figure 2.5 : Image d'utilisation des bracelets ESD dans l'industrie [5]	18
Figure 2.6 : Des photos réelles du moniteur	19
Figure 2.7 : Synoptique des différentes étapes de notre approche	19
Figure 2.8 : Pc817 circuit intégrer Optocoupleur.[6]	20
Figure 2.9 : Le Atmega328p [14]	21
Figure 2.10 : Brochage de l'ATmega328p	22
Figure 2.11 : Le Montage réel de l'ATmega328p sur plaque d'essai	22
Figure 2.12 : Le voyant rouge	23
Figure 2.13 : Brochage du t73.[9]	23
Figure 3.1 : Schéma d'un Optocoupleur	26
Figure 3.2 : Le atmega328p [14]	28
Figure 3.3 : illustration de l'Arduino IDE [14]	30
Figure 3.4 : La carte a microcontrôleur Arduino UNO [13]	31
Figure 3.5 : Vue d'édition du Logiciel EAGLE	32
Figure 3.6 : Schéma développé de notre carte effectuer sur EAGLE	33
Figure 3.7 : routage de la carte électronique sur EAGLE.....	34
Figure 4.1 : Illustration d'une mise à la terre [10]	38

Figure 4.2 : Un bracelet en contact avec la main de l'opérateur [3]	39
Figure 4.3 : Un bracelet ESD fonctionnel et relié à la terre [11]	39
Figure 5.4 : Intérieur du moniteur de bracelet ESD et ses composants	40
Figure 4.5 : Schéma d'optocoupleur	42
Figure 4.6 : le montage effectuer sur un logiciel de simulation (fritzing)	43
Figure 4.7 : Photo réelle de notre montage sur la plaque d'essai	44
Figure 4.8 : L'organigramme de notre programme	45
Figure 4.9 : Circuit imprimé, à gauche le coté pistes et à droite le coté composants	46
Figure 4.10 : Carte électronique réalisée	46
Tableau 2.1 : Exemples d'activités génératrices d'électricité statique et impact de l'humidité de l'air sur le niveau de tension électrostatique associé. [1]	14
Tableau 4.1 : Les tensions mesurés aux bornes de la LED rouge durant les deux états	41
Tableau 4.2 : Les tensions mesurées aux bornes de la LED verte durant les deux états	41

Liste des abréviations

ANSI : American National Standards Institute

CAN : Convertisseurs Analogiques Numériques

DDEGP : Département Développement Produit Electronique Grand

DIP : Dual In-Line Package

DPI : Développement Projet Industriel

DRH : Department Resource Humanin

EAGLE : Easily Applicable Graphical Layout Editor

EEPROM : Electrically Erasable PROM

EPA : Electro-static Protected Area

ESD : Electro Static Discharge

IQC : Input Quality Control

LQC : InLine Quality Control

NO : Normalment Ouverte

NF : Normalment Fermé

OQC : Output Quality Control

PCB : Printed Circuit Board

RAM : Random Access Memory

ROM : Read Only Memory

PROM : Programmable ROM

S : Seconde

SAV : Service Après-Vente

SDI : Service Développement Industrielle

SDM : Service Développement Multimédia

SEM : Scanning Electron Microscope

SMT : Surface Mount Technology

T : Time

UC : Microcontrôleur

V : Volt

Introduction Générale

L'activité de fabrication des cartes électronique représente aujourd'hui un pôle économique potentiel appelé « secteur de l'industrie électronique » et se classe parmi les produits de consommation à la croissance la plus rapide, en 2023 l'industrie électronique et le produit électronique grand public affichent d'énormes potentiels de vente, ceci du au besoin exponentiel qu'exprime le consommateur influencé par la technologie qui fait partie, désormais, de la vie quotidienne et professionnelle de l'homme.

Cependant ce secteur, doit faire face à des défis techniques quotidiens parmi lesquels, un ennemi invisible, à savoir le problème de décharge électrostatique.

Le phénomène de décharges électrostatique est redouté pour les dégâts irréversibles qu'il cause aux composants électroniques, ce phénomène est un phénomène physique incontournable, l'élimination de ce dernier n'est pas possible, ce qui l'est par contre c'est de réduire les risques d'avènement d'un tel phénomène pendant un processus sensible, donc travailler sur l'axe de la prévention.

L'installation d'un système de prévention servant de barrière requiert l'aménagement de solutions simples mais très efficaces.

La maîtrise du processus de fabrication des cartes électronique, dont la maîtrise du risque de survenue de décharges électrostatiques doit être minutieusement calculée. C'est un point que maîtrisent parfaitement bien les géants de l'industrie électronique dans le monde. Il est alors fondamental pour toute entreprise activant dans ce secteur de mettre en œuvre les moyens nécessaires pour lutter contre les dégâts de ce phénomène physique inévitable, ceci est une condition vitale à la compétitivité de ces entreprises.

Dans ce projet, nous proposons une solution automatique, consistant à vérifier l'emplacement adéquat d'un sous-processus de prévention contre le risque de décharge ESD dans toute l'usine et notamment au niveau des chaînes de production et d'assemblage. Dans un second temps, nous tenterons d'apporter une action corrective lorsque le dispositif de prévention de décharge ESD est inopérant. Ce travail a pour objectif, d'apporter une contribution en amont et en aval du processus de prévention contre les décharges électrostatiques.

Dans le premier chapitre nous présentons BOMARE COMPANY, nous détaillons les différents départements existants aux seins de l'entreprise, puis dans le deuxième chapitre nous expliquons le phénomène des ESD et les outils de prévention existants contre cet ennemi invisible, nous évoquons également l'architecture de la solution proposée. Dans le troisième chapitre, nous détaillons chaque étape de la conception de notre système, finalement dans le quatrième chapitre nous détaillons la réalisation de notre système ainsi que les tests effectués pour vérifier le bon fonctionnement de notre solution, le mémoire se termine par une conclusion générale qui récapitule l'ensemble de notre travail et met en valeur notre contribution.

Chapitre 1

Présentation de l'entreprise

1.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons expliquer le contexte de notre projet de fin d'étude en effet la problématique traitée dans ce travail est une problématique mise en évidence par BOMARE COMPAGNY, dans cette optique, nous détaillerons la structure de l'entreprise à travers ses différents départements, puis nous mettrons en valeur la problématique qui préoccupe le département dans lequel nous avons effectué notre stage à savoir la gestion du risque liée au phénomène de décharge électrostatique.

1.2 Introduction d'entreprise :

BOMARE COMPANY est une entreprise privée créée en 2001, spécialisée dans la fabrication des téléviseurs de barrettes de LED et qui réalise également de la sous-traitance industrielle (maintenance, insertion des composants SMD...etc.)



Figure 1.1 : LOGO BOMARE COMPANY

L'entreprise possède plusieurs certifications de normes ISO ainsi qu'une certification CE pour ses produits TV, cela donne à l'entreprise l'opportunité d'exporter ses produits et de faire sa réputation à l'échelle nationale et internationale.



Figure 1.2 : BOMARE COMPANY

Aujourd'hui, après 20 ans d'expérience la mission de BOMARE COMPANY est de développer le secteur de l'industrie électronique en Algérie, renforcer ses positions en Europe et étendre son activité vers d'autres pays européens et africains.

La satisfaction du client est une obligation pour BOMARE COMPANY, de ce fait tous les efforts sont déployés par l'entreprise afin de se conformer à toutes les lois et réglementation et de satisfaire à toutes les exigences de ses clients.

L'unité de production située à Ouled Chbel, dans la commune de Birtouta dans la Wilaya d'Alger est constituée d'une unité de production, d'une unité d'assemblage, d'une unité de contrôle de la qualité et d'une unité de service après-vente.

Parmi les différents départements de l'entreprise, nous citons le DDEGP, département développement produit électronique grand public dont le rôle est l'élaboration de toute la partie technique des produits commercialisés sous la marque Stream System, notamment dans la création de cahiers de charges

Une seconde structure d'ingénierie est présente dans l'entreprise c'est le département des projets industriels ou DPI, qui d'ailleurs représente la structure hôte de notre PFE.

La figure 1.3 ci-dessous illustre l'organigramme structurel de l'entreprise :

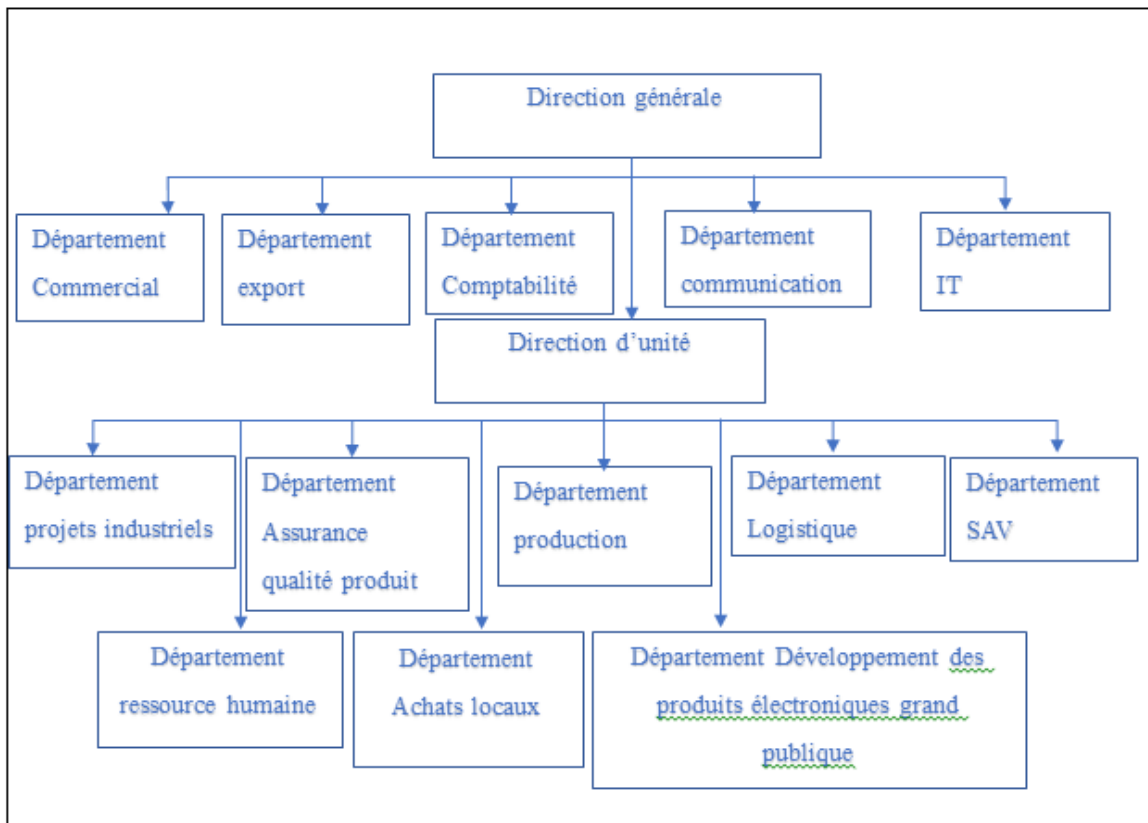


Figure 1.3 : Organigramme structurel de BOMARE COMPANY

1.3 Département des projets industriels (DPI) :

Le DPI a pour principales attributions de répondre aux objectifs tracés dans la politique qualité qui vise à fidéliser les clients, la satisfaction des parties intéressées internes et externes, la diversification des activités de l'entreprise, développer le capital humain de l'entreprise et la présence de la marque STREAM à l'échelle nationale et internationale.

Le DPI est le département où s'effectue notre travail de stage dans le cadre de notre projet de fin d'études. Ce département englobe l'ensemble des activités de l'ingénierie électronique, il est constitué de 4 axes principaux décrit comme suit :

1.3.1 La sous-traitance électronique :

La sous-traitance électronique est une pratique courante dans les usines, où les entreprises peuvent externaliser certaines tâches à des prestataires de services spécialisés. Cette pratique est souvent utilisée pour réduire les coûts et augmenter l'efficacité de la production.

Les tâches électriques sous-traitées peuvent inclure la conception, l'installation et la maintenance des systèmes électriques de l'usine, tels que les réseaux de distribution d'énergie, les circuits de contrôle et les systèmes d'éclairage.

Les prestataires de services électriques peuvent également fournir des équipements et des composants électriques, tels que des panneaux de commande, des transformateurs ou des variateurs de fréquence.

L'utilisation de la sous-traitance électrique offre plusieurs avantages aux entreprises, notamment :

- ✓ La réduction des coûts, en externalisant les tâches, les entreprises peuvent économiser sur les coûts de main-d'œuvre, d'équipement et de maintenance.
- ✓ L'accès à une expertise spécialisée, les prestataires de services électriques peuvent offrir une expertise spécialisée dans la conception et la mise en œuvre de systèmes électriques complexes.
- ✓ La flexibilité, en effet, les entreprises peuvent ajuster rapidement les niveaux de sous-traitance en fonction des besoins de production.

Cependant, la sous-traitance électrique peut également présenter des défis, notamment :

- Risques de qualité, la qualité des prestations sous-traitées peut varier en fonction du prestataire de services.
- Risques de sécurité, les entreprises doivent veiller à ce que les prestataires de services respectent les normes de sécurité et les réglementations en matière d'électricité.
- Risques de confidentialité, les entreprises doivent veiller à ce que les informations confidentielles, telles que les plans électriques, ne soient pas divulguées à des tiers.

1.3.2 L'intégration locale :

L'intégration locale est une stratégie de l'entreprise visant à renforcer les liens entre une entreprise et la communauté locale dans laquelle elle opère. Cette stratégie peut inclure un certain nombre d'activités, telles que l'emploi de travailleurs locaux, l'utilisation de fournisseurs locaux et la participation à des projets de développement communautaire.

Les entreprises tirent plusieurs bénéfices de l'intégration locale tels que :

- ✓ Une meilleure acceptation de l'entreprise par la communauté locale, ce qui réduit les risques de conflit social et améliore les perspectives d'expansion future.

- ✓ Une amélioration de l'image de l'entreprise, qui peut renforcer sa position sur le marché et améliorer sa capacité à attirer des clients et des employés.
- ✓ Une réduction des coûts, grâce à l'utilisation de fournisseurs locaux et à une meilleure compréhension des conditions du marché local.
- ✓ Une amélioration de l'accès aux talents locaux, qui peuvent être mieux adaptés aux besoins de l'entreprise que les travailleurs recrutés de l'extérieur.

En somme, l'intégration locale peut être une stratégie efficace pour renforcer la durabilité et la performance à long terme d'une entreprise, en renforçant ses liens avec la communauté locale et en contribuant à l'amélioration de ses conditions de vie.

1.3.3 La prévention des décharges électrostatiques :

La prévention du risque ESD (Electro Static Discharge) dans l'entreprise est une préoccupation importante pour les industries électroniques et électriques, car l'ESD peut endommager les composants électroniques sensibles et affecter négativement la qualité et la fiabilité des produits.

Parmi les tâches les plus importantes de cette section est de prévenir les dangers que peut causer l'ESD, et ceci par le biais d'une stratégie basée sur ce que stipulent les normes internationales. Parmi ces méthodes de gestion, nous citons :

- **La formation et la sensibilisation du personnel** : le personnel doit être formé à la prévention de l'ESD et sensibilisé aux risques et aux conséquences de l'ESD.
- **L'utilisation d'équipements de protection** : les travailleurs doivent porter des bracelets antistatiques, des chaussures spéciales et des vêtements spéciaux pour réduire les risques d'ESD.
- **L'utilisation de matériaux antistatiques** : les surfaces de travail, les planchers et les meubles doivent être recouverts de matériaux antistatiques pour réduire l'accumulation d'électricité statique.
- **Le contrôle de l'humidité** : le contrôle de l'humidité peut aider à réduire l'accumulation d'électricité statique, en effet, l'humidité augmente la conductivité de l'air.
- **La conception de l'environnement de travail** : les salles de test et les salles de production doivent être conçues pour minimiser les risques d'ESD, avec des revêtements de sol et de mur spéciaux et des systèmes de contrôle de la température et de l'humidité.

- **L'utilisation d'emballages antistatiques :** les composants électroniques doivent être stockés et transportés dans des emballages antistatiques pour minimiser les risques d'ESD pendant le stockage et le transport.
- **Les tests de contrôle de l'ESD :** les entreprises doivent effectuer régulièrement des tests de contrôle de l'ESD pour s'assurer que les mesures de prévention sont efficaces et que les risques d'ESD sont minimisés.

En mettant en place ces mesures de prévention de l'ESD, les entreprises peuvent réduire les risques d'endommagement des composants électroniques et améliorer la qualité et la fiabilité de leurs produits.

1.3.4 La section coopération scientifique :

Cette section permet de créer des liens entre l'entreprise et la communauté scientifique externe, l'objectif est de réaliser des projets et de résoudre des problèmes industriels tout en collaborant avec les universités, ainsi que les centres de recherche et de travailler ensemble pour partager des connaissances, des compétences et des ressources dans un environnement collaboratif.

Les coopérations scientifiques peuvent être créées dans de nombreux secteurs, tels que la recherche académique, l'industrie, le gouvernement ou les organisations à but non lucratif.

Ce type de collaboration bénéficie énormément à l'entreprise car elle lui permet d'apporter de l'innovation à ses produits ainsi qu'à ses solutions afin d'être à la pointe de la technologie et d'être compétitive à l'échelle nationale et notamment à l'échelle internationale.

1.4 Département assurance qualité produit :

Ce département assure la qualité de produit en trois phases IQC (Input Quality Control), LQC (inLine Quality control) et OQC (Output Quality Control).

IQC : Cette vérification se fait lors l'entrée des produits à l'usine en prenant des échantillons de chaque article puis voir sa conformité avant les processus de production.

LQC : Lors le processus de production commence une autre vérification se fait en parallèle afin d'assurer la qualité du produit.

OQC : C'est la dernière vérification du produit finale avant de le commercialisé pour éliminer tout type de problèmes de non-conformités.

1.5 Département de production :

Dans ce département il existe trois process principaux, une ligne SMT (surface Mount technology) (voir figure 1.4) c'est une méthode d'insertion directe et soudage des composants électronique en surface des circuits imprimées, une ligne DIP (Dual In-Line Package) Pour l'insertion et soudage des composants traversante dans les PCB (Printed Circuit Board) et une ligne d'assemblage semi-automatique.



Figure 1.4 : Image d'une ligne SMT

1.6 Département logistique :

La logistique assure un flux efficace de matières premières et des produits finis de leur point d'origine à leur point de consommation, la logistique intervient à chaque étape de la vie d'un produit en optimisant les couts et les délais de la livraison.

1.7 Département SAV :

Le SAV (Service Après-Vente) est responsable de réparation des produit défectueux, ce département existant au niveau de l'unité de production traite les pannes difficiles non résolu par les autres SAV's hors unité.

1.8 Département ressource humaine :

Le DRH gère le personnel nécessaire au fonctionnement de l'entreprise et s'occupent du bien-être des employés, de la rémunération, des avantages sociaux, du recrutement, du développement organisationnel, des relations avec les employés et de la formation.

1.7 Département achats locaux :

Ce département s'occupe de tous les achats des matières premières et composants utilisés dans l'entreprise, suit la politique d'achats selon des objectifs de rentabilité et de qualité exigé par le cahier des charges.

1.8 Département développement électronique grand publique :

Le DDEGP est composé de 2 services principaux, le SDI (Service Développement industrielle) chargé d'initiation et cahier des charges d'assemblage, intervention, test de validation et gamme de production des téléviseurs 'LG' et le SDM (Service Développement Multimédia) chargé de cahier des charges, test échantillon, test de validation et suivi de nouvelle technologie sur le marché.

1.9 Problématique :

BOMARE COMPANY, comme toutes les autres entreprises dans le domaine de l'électronique travail continuellement au contrôle du phénomène de décharge électrostatique (ESD) et à l'élimination ou à minima à la réduction des conséquences induites par cet ennemi invisible.

Dans ce projet de fin d'études, nous allons développer un système de prévention ESD sur ligne de production, la solution proposée consiste à vérifier le bon usage du bracelet ESD qui constitue un élément de prévention principale.

Pour ce faire notre système veillera à détecter les débranchements inappropriés des bracelets ESD, puis le cas échéant, provoquer si nécessaire un arrêt automatique de la ligne de production, en déterminant le bracelet à l'origine de l'alarme.

1.10 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons illustré le contexte de notre projet de fin de cycle, pour cela nous avons présenté l'entreprise dans laquelle nous avons effectué notre stage, pour résoudre la problématique mise en évidence par cette dernière. La problématique consiste donc à gérer le risque de décharge électrostatique par la mise en œuvre d'un dispositif qui contrôle la conformité d'une chaîne en ce qui concerne le respect des mesures préventive contre les décharges électrostatique, à savoir un dispositif qui vérifie le branchement des bracelets ESD dans chaque poste et signal le cas échéant un défaut sur un poste en particulier.

Chapitre 2

ESD et Solution Proposée

2.1 Introduction :

Dans le chapitre 2 nous aborderons la solution que nous proposons pour garantir le respect de la conformité des chaînes de production et d'assemblage vis-à-vis des dispositifs de protection contre les décharges électrostatiques. Nous verrons quelles sont les différentes solutions existantes et nous donnerons l'architecture du système que nous proposons.

2.2 Décharge Electrostatique :

Une décharge électrostatique (ESD en anglais pour Electro-Static Discharge) est le résultat d'un transfert rapide et à forte intensité de charges entre deux objets ayant des potentiels électrostatiques différents, ce phénomène de décharge est assez courant.

Le plus spectaculaire est celui de la foudre qui se produit suite à l'accumulation d'électricité statique entre des nuages d'orage, ou entre un tel nuage et la terre. La différence de potentiel électrique entre les deux points peut atteindre 10 à 20 millions de volts et produit un plasma lors de la décharge, causant une expansion explosive de l'air par dégagement de chaleur. En se dissipant, ce plasma crée un éclair de lumière et le tonnerre. À une bien plus petite échelle, une personne est électriquement chargée et déchargée plusieurs fois par jour. Par exemple, la marche sur une moquette synthétique induit l'accumulation d'électrons sur le corps, et il est possible de recevoir un choc électrique – la décharge – au moment où l'on touche une poignée de porte métallique. Ce petit choc libère l'électricité statique accumulée. Ce phénomène physique, appelé triboélectricité (voir figure 2.1), est dû à un déséquilibre initial de charges entre deux corps.

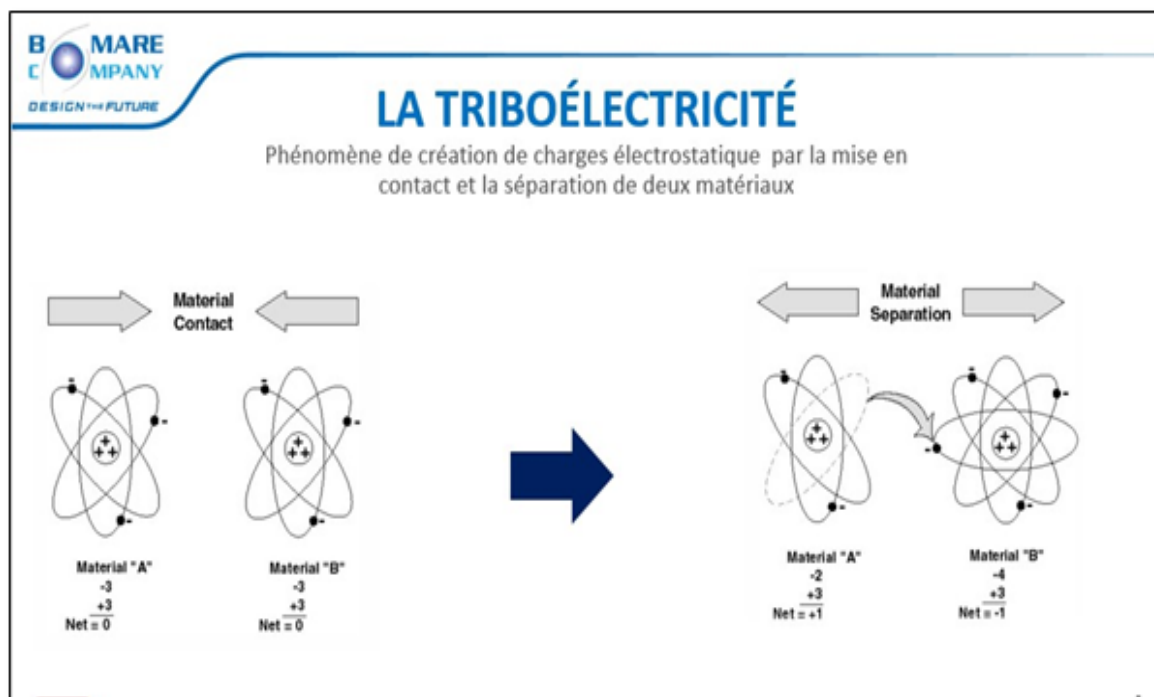


Figure 2.1 : La triboélectricité. [3]

L'être humain commence à ressentir les décharges lorsque sa tension de charge électrostatique est d'environ 3,4 kV. À partir de 15 kV la décharge commence à être douloureuse. Il existe d'autres sources de déséquilibre de charges comme la génération par induction, ou encore le contact avec des objets préalablement chargés. Les différents mécanismes de décharge associés engendrent des tensions électrostatiques importantes, de courtes durées ainsi que de forts courants.

Plusieurs études ont montré que la forme d'onde de ces décharges dépendait des caractéristiques de la source et des circuits de décharge (surface de contact entre les deux objets), mais aussi d'autres paramètres (humidité relative de l'air, vitesse d'approche du corps chargé). Le tableau 2.1, donne quelques exemples de génération de charges électrostatiques par triboélectricité et montre l'impact important de l'humidité de l'air sur le niveau de cette décharge. [1]

Activités génératrices d'électricité statique	Tension électrostatique (kV)	
	10 % humidité relative	55 % humidité relative
Marche sur une moquette synthétique	35	7,5
Marche sur un sol en vinyle	12	3
Saisie d'un circuit intégré d'un tube en plastique	2	0,4
Retrait d'une carte électronique d'un sac à bulle	26	7

Table 2.1 : Exemples d'activités génératrices d'électricité statique et impact de l'humidité de l'air sur le niveau de tension électrostatique associé. [1]

2.3 L'Humidité relative :

Une humidité relative de l'air d'environ 50 % augmente la conductivité de l'air, ce qui permet d'évacuer les charges électriques par l'air. Une humidité plus élevée entraîne une teneur en eau plus importante dans l'air, et l'eau est un bon conducteur électrique. Lorsque des matériaux sont entourés d'une humidité relative d'environ 50 %, ils ne peuvent pas maintenir leur charge statique. Au contraire, ils cèdent les charges excédentaires aux molécules d'eau de l'air, et ce de manière continue.

Mais la conductivité de l'air elle-même n'est pas la seule à être augmentée par une telle humidité. La conductivité des surfaces des matériaux dans les pièces soumises à ces taux d'humidité relative élevés est également augmentée. En effet, un mince film d'humidité se forme sur les surfaces de ces matériaux lorsque l'humidité relative de l'air avoisine les 50 %. Ce film d'humidité rend la surface du matériau concerné conductrice, ce qui réduit l'accumulation de charges électrostatiques.[16]

2.4 Impacte des ESD dans l'industrie électronique :

Des charges électriques similaires à celle perçues lors du contact avec une poignée de porte par exemple, peuvent avoir un impact sur les composants électroniques manipulés chaque jour. Malheureusement, leurs effets pas forcément visibles à l'œil nu, peuvent avoir de sérieuses conséquences, comme illustrer par la figure suivante.

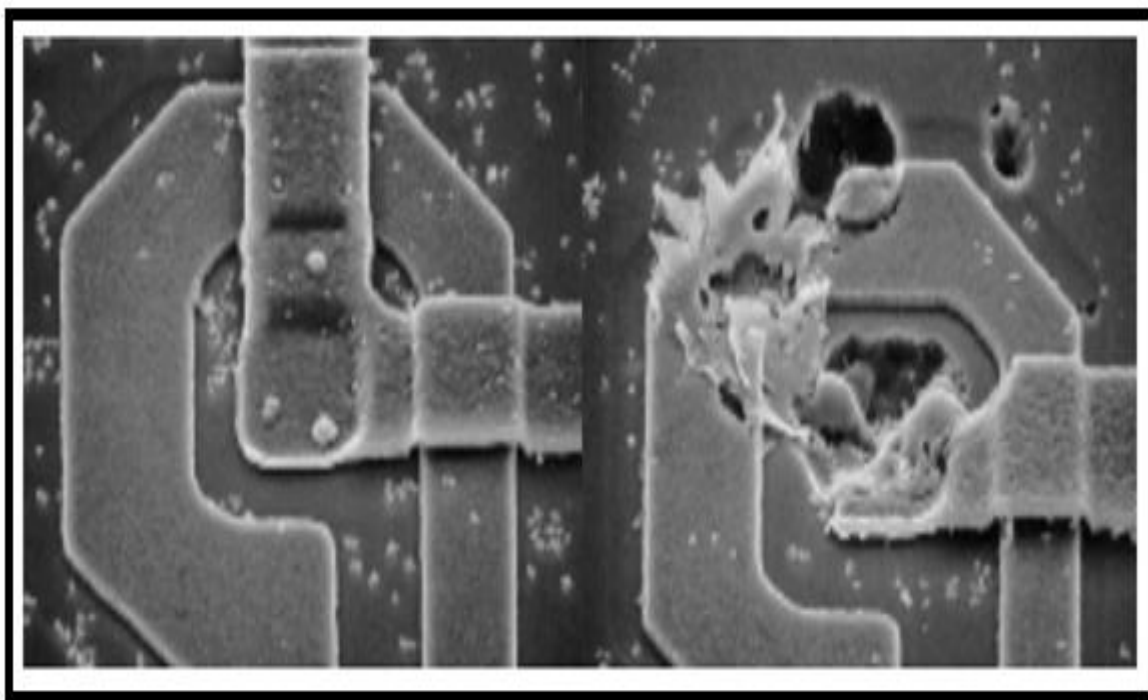


Figure 2.2 : Dispositif à semi-conducteur avant (à gauche) et après (à droite) endommagé par un événement ESD.[3]

Des charges plus petites en dessous des seuils de sensation humaine peuvent aussi endommager des composants électroniques. La plupart des composants à technologie CMOS utilisés dans les appareils actuels peuvent être endommagés par des charges inférieures à 1000 volts. Des composants encore plus sophistiqués peuvent être détruits avec des décharges bien plus faibles, environ 10 volts. Il est donc nécessaire d'être ainsi extrêmement vigilant sur la sensibilité des composants aux ESD.

Au gré des avancées technologiques, les composants électroniques deviennent de plus en plus petits. Cette miniaturisation réduit la taille des isolants intrinsèques et augmente ainsi

leur sensibilité aux ESD. C'est pourquoi, le besoin de protection contre les ESD se fait sentir de plus en plus chaque jour.[2]

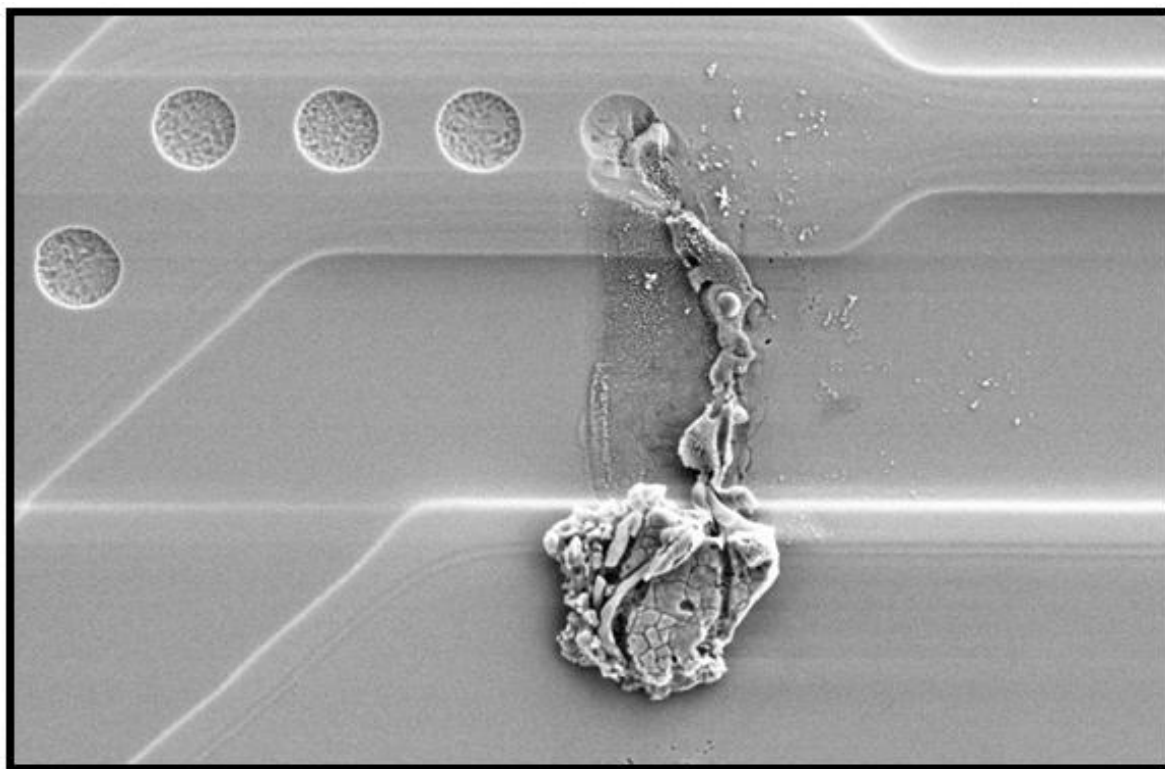


Figure 2.3 : Photographie SEM (scanning electron microscope) de fusion du métal dans un dispositif électronique due à l'ESD.[3]

2.5 Le standard de prévention ANSI/ESD S20.20 :

Selon le Standard d'ANSI/ESD s20.20 (American National Standards Institute) Pour éliminer les dangers de décharge électrostatique au sein d'une industrie électronique il faut se baser sur 3 principes :

1-Tous les conducteurs doivent être mis au même potentiel, cela inclue les personnes, les appareils et les surface de travail.

2-Tous les isolants doivent être soit écartés ou bien neutralisés par des ioniseurs.

3-Lors des transferts des ESD l'emballage doit posséder au moins une propriété de protection contre les ESD.[3]

2.6 Outils de prévention ESD :

Parmi les outils de prévention des risques ESD il existe un certain nombre d'action, par exemple :

2.6.1 La mise à la terre dans les normes internationales :

La mise à la terre est un système de protection majeur pour les personnes et les biens. Elle permet d'écouler un courant de fuite vers le sol, en cas de défaut d'isolement d'un appareil électrique. La norme NF C 15-100 rend obligatoire la mise à la terre aussi bien dans le cadre d'une rénovation que d'une création. Elle fonctionne en association avec le dispositif différentiel, qui protège contre les contacts indirects et les surintensités (surcharges, courts-circuits). Dès qu'un interrupteur différentiel détecte une anomalie il coupe l'alimentation électrique tandis que la mise à la terre canalise le courant de fuite sans risque pour les utilisateurs et les équipements électriques. [4]

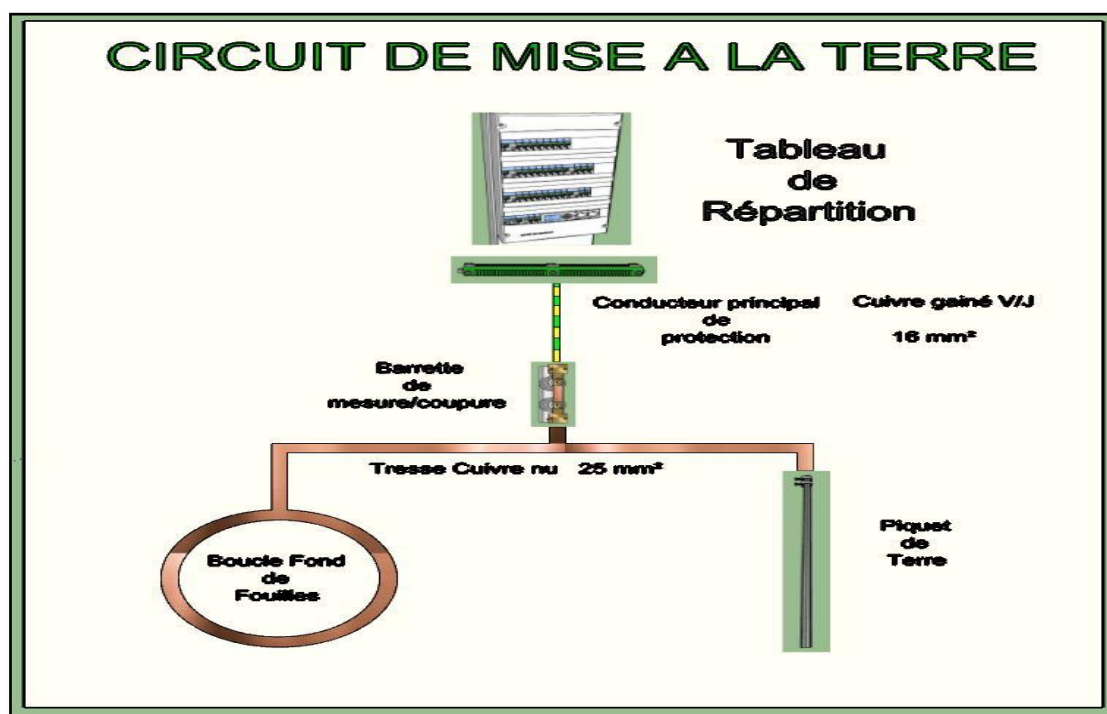


Figure 2.4 : Schéma de circuit de mise à la terre

2.6.2 Bracelet antistatique :

Les bracelets ESD constituent la première ligne de défense contre les ESD, le dispositif de mise à la terre du personnel le plus couramment utilisé, et doivent être utilisés si l'opérateur est assis. Les bracelets aident à disperser l'électricité statique générée par une personne en toute sécurité vers la terre. Ils sont exigés par la norme internationale IEC-61340-5-1 et doivent être utilisés dans le cadre d'un programme de prévention des décharges électrostatiques EPA (Electro-static Protected Area).

Les bracelets sont généralement fabriqués dans une couleur vive comme dans la figure 2.5

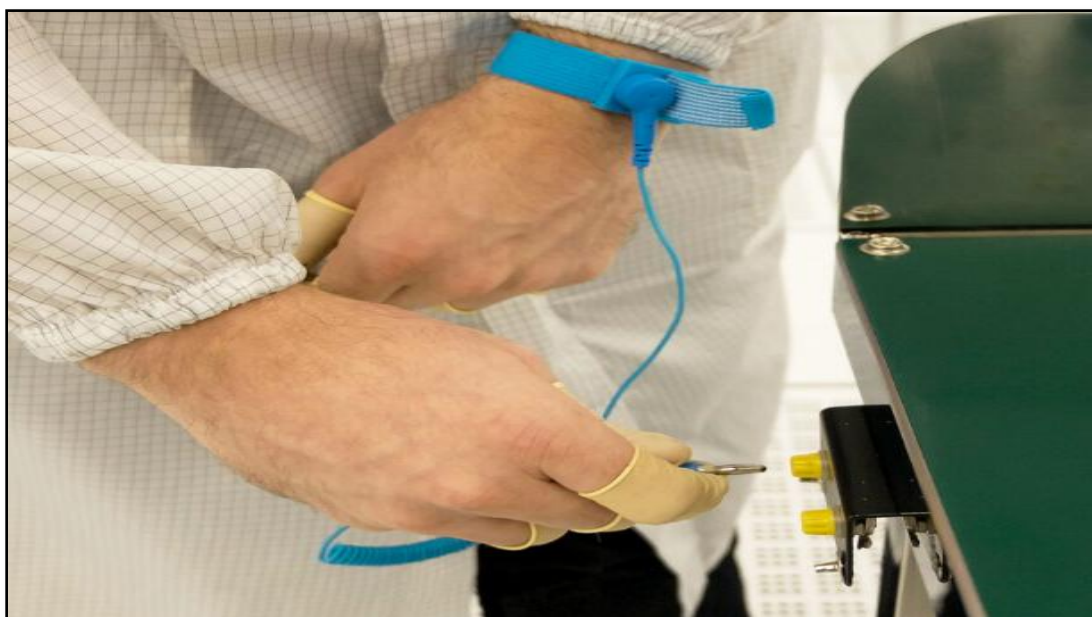


Figure 2.5 : Image d'utilisation des bracelets ESD dans l'industrie [5]

Afin d'être facilement visibles par les autres. Ils sont conçus pour être portés en contact étroit avec la peau afin d'établir un chemin de mise à la terre. Ils déchargent instantanément l'électricité statique générée sur le corps vers la terre. Les bracelets doivent être portés en position assise, même lorsque des chaussures E.S.D. sont utilisées. Chaque bracelet est composé d'un matériau réconfortant qui contient des fibres conductrices d'argent tissées pour une conductivité maximale et une irritation cutanée minimale. Les bracelets doivent être propres, bien ajustés et confortables. Si votre bracelet est lâcher et/ou sale, vous risquez d'avoir un contact intermittent avec la terre. La surface extérieure du bracelet doit être isolante pour la sécurité de l'opérateur. [5]

2.6.3 Le moniteur des bracelets ESD :

Le moniteur du bracelet ESD peut surveiller en permanence l'état de fonctionnement du système de mise à la terre du bracelet antistatique et déclencher automatiquement une alarme sonore et lumineuse pour rappeler à l'opérateur de vérifier la mauvaise mise à la terre et les débranchements inappropriés du bracelet.



Figure 2.6 : Des photos réelles du moniteur

2.7 Architecture globale de la solution proposée :

La figure 2.7 ci-dessous, illustre les 5 étapes qui résument le fonctionnement de l'approche proposée

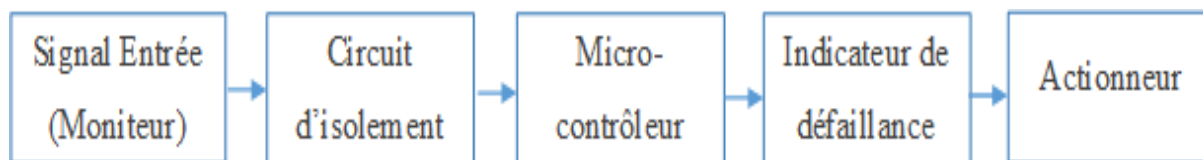


Figure 2.7 : Synoptique des différentes étapes de notre approche

Nous récupérons un signal du moniteur (bracelet ESD), ce dernier est acheminé vers le microcontrôleur qui traite l'information et affiche le résultat à un indicateur de défaillance et le cas échéant, infère une action. Comme illustrer par la figure, le signal d'entrée est électriquement isolé du microcontrôleur pour éviter les perturbations, nous aborderons cette partie plus en détails dans la section qui suit.

2.7.1 Signal d'entrée :

Notre signal d'entrée est un signal analogique délivré par le bracelet ESD. Ses caractéristiques sont les suivantes : c'est un signal continu (DC) avec une amplitude de 5 volts.

2.7.2 Circuit d'isolement (Optocoupleur) :

Avant l'installation de l'optocoupleur, le moniteur continuait à indiquer qu'il n'y avait aucun problème, même si le bracelet n'était pas mis. Cela signifiait que notre système ne fonctionnait pas correctement, car il était incapable de détecter l'absence du bracelet. Pour remédier à cette situation, nous avons décidé d'utiliser un optocoupleur afin d'isoler les masses. L'optocoupleur a permis d'établir une séparation galvanique entre les circuits, garantissant ainsi une détection précise de la présence ou de l'absence du bracelet. Grâce à cette isolation des masses, notre système a pu fonctionner correctement et fournir des indications précises sur l'état du bracelet.

Nous avons utilisé le PC817 (figure 2.8) pour isoler entre la masse du moniteur et la masse de l'étage suivant afin d'éviter les perturbations.

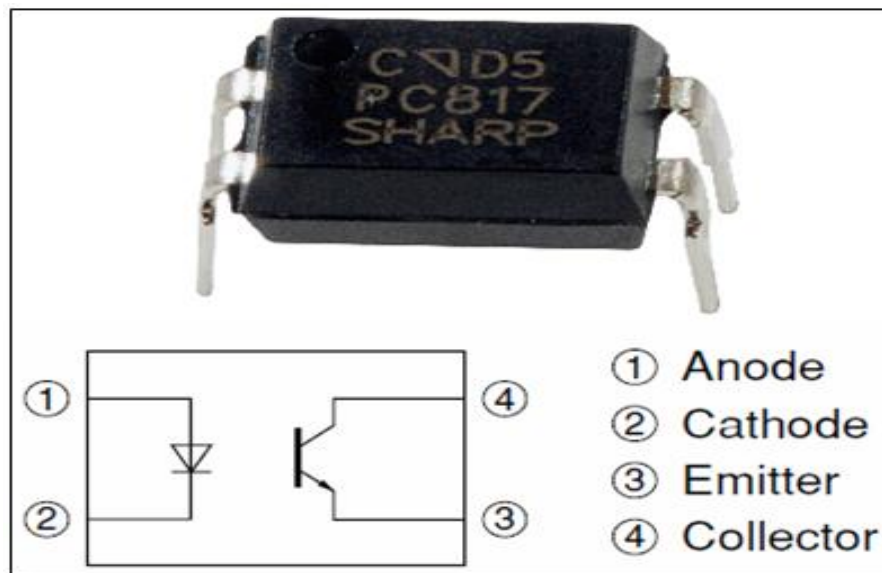


Figure 2.8 : Pc817 circuit intégré Optocoupleur.[6]

2.7.3 Microcontrôleur :

Dans notre solution, le microcontrôleur est le cœur de notre système, en effet, il permet de décider de la démarche à suivre en fonction du signal d'entrée. Pour notre système nous utilisons l'ATMEGA 328P (figure 2.9) le même μ c utilisé pour l'Arduino UNO.



Figure 2.9 : Le Atmega328p [14]

Voici quelques détails sur les broches utilisées et leur configuration typique :

1. Alimentation:

- VCC (broche 7) et AVCC (broche 20) : Cette broche est utilisée pour alimenter le microcontrôleur avec une tension de 5V.
- GND (broche 8) et (broche 22) : Cette broche est connectée à la masse (0V) du circuit.

2. Sorties numériques :

- Broches 12 (D6) : La sortie branchée avec le relais.
- Broches 13 (D7) : La sortie branchée avec le voyant

3. Entrées analogiques :

- Broches 23 (A0) : Une entrée représente la sortie de l'optocoupleur.

(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

Figure 2.10 : Brochage de l'ATmega328p

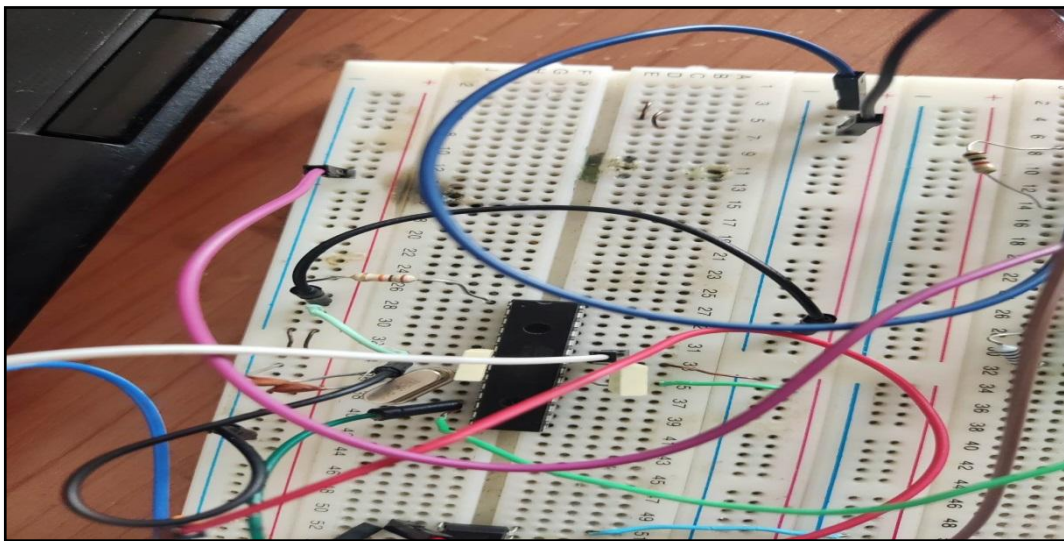


Figure 2.11 : Le Montage réel de l'ATmega328p sur plaque d'essai

2.7.4 Indicateur de défaillance :

Chaque ligne d'insertion manuelle est constituée de plusieurs poste occupé par un seule opérateur, lors d'un mauvais fonctionnement ou d'un danger ESD, le système émet une

signalisation via un voyant rouge, indiquant le poste à l'origine de la défaillance, afin de faciliter la résolution du problème dans des délais très courts.

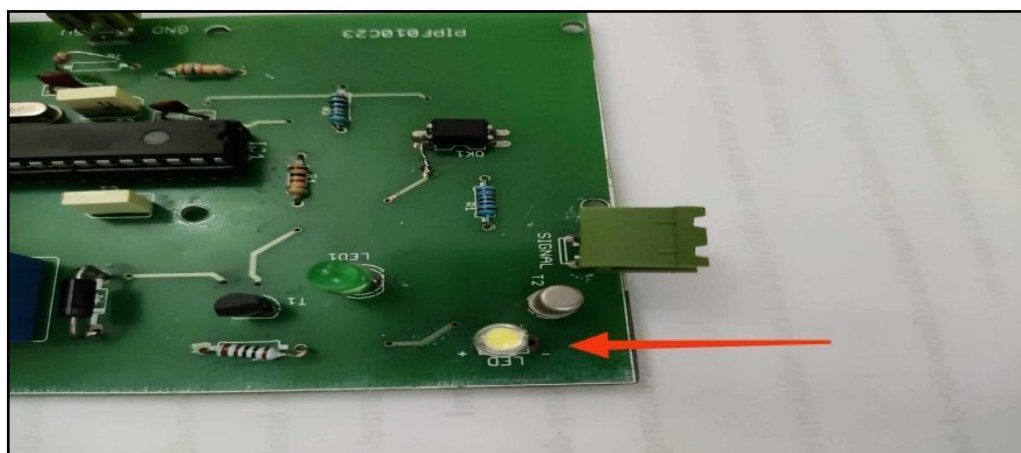


Figure 2.12 : Le voyant rouge

2.7.5 Actionneur (relai) :

Dans le système que nous avons mis en place, l'actionneur joue un rôle crucial en tant que composant final du dispositif. Son objectif est d'exécuter une action spécifique lorsque le système détecte une anomalie. Pour ce faire, nous avons utilisé le modèle TH-T73 (représenté dans la figure 2.13). Dans notre configuration, cet actionneur est chargé d'arrêter la ligne de production en mettant le relais en série avec le bouton d'urgence. Nous avons également utilisé la connexion de la borne normalement fermée pour assurer cette fonctionnalité.

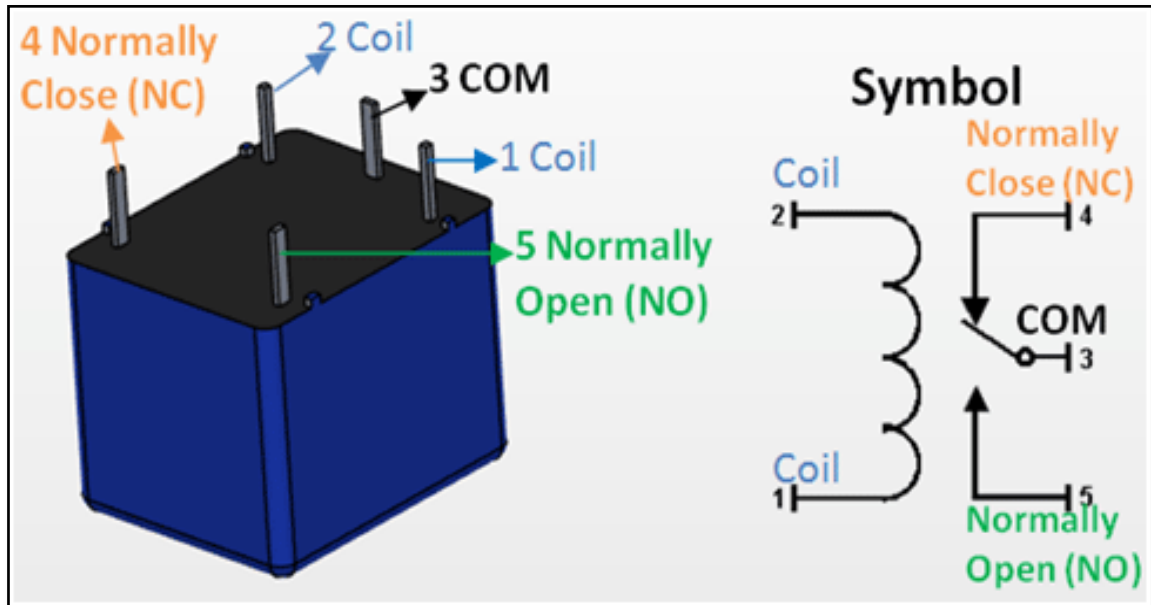


Figure 2.13 : Brochage du t73.[9]

2.8 Conclusion :

Dans le chapitre 2, nous avons expliqué le phénomène ESD ainsi que les risques que ce dernier fait courir aux dispositifs électroniques. Dans un deuxième temps, nous avons donné l'architecture de la solution que nous voulons mettre en œuvre au niveau de l'unité BOMARE, en effet, notre solution est constituée de 5 blocs, qui ont pour rôle de collecter et traiter l'information et cela à travers un moniteur et un circuit de conditionnement, puis de commander une action sur la base de l'information captée, cette action se traduit par la signalisation via un relai, du poste à l'origine d'un éventuel défaut. Dans le prochain chapitre nous aborderons la partie réalisation.

Chapitre 3

Conception et réalisation

3.1 Introduction :

Dans le chapitre 3 nous aborderons la partie réalisation de notre système, nous développerons toutes les étapes qui ont mené à la fabrication de nos circuits ainsi qu'au développement de notre partie programme sur l'Arduino.

3.2 L'Optocoupleur :

Nous avons intégré un optocoupleur dans notre système afin d'isoler les masses de l'Arduino et du moniteur. Un optocoupleur est formé d'une LED infrarouge et d'un photorécepteur. L'optocoupleur assure une liaison entre la LED et le phototransistor tout en assurant une **isolation électrique** entre les deux. L'émetteur et le récepteur de lumière sont ainsi face à face dans le boîtier de l'optocoupleur (le boîtier doit être bien opaque à la lumière ambiante). Les optocoupleurs servent donc à transmettre des signaux (en tout ou rien ou analogiques) en assurant une isolation électrique.

L'optocoupleur se caractérise d'un point de vue électrique par la partie LED infrarouge et la partie phototransistor (le récepteur). Un optocoupleur se représente de la façon suivante :

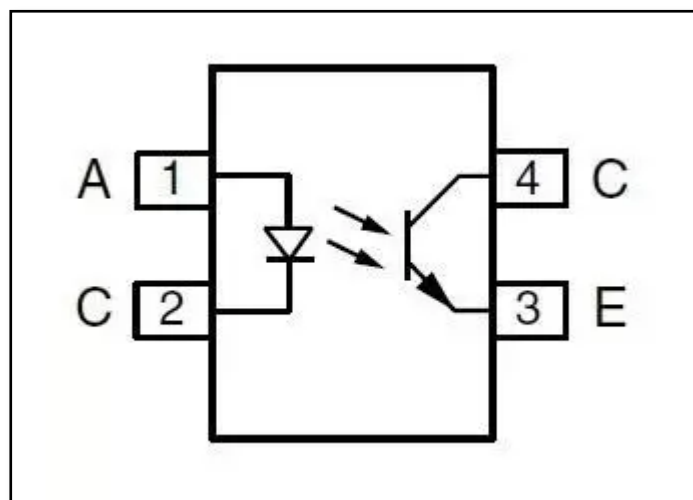


Figure 3.1 : Schéma d'un Optocoupleur

- On y voit la LED et le phototransistor
- On reconnaît sur la gauche la LED et sur la droite, le phototransistor.

3.2.1 Principe de fonctionnement de l'optocoupleur

Un optocoupleur repose sur une LED et un phototransistor ou une photodiode. Lorsqu'on fait passer un courant dans la LED, elle brille (elle émet de l'infrarouge) dans un boîtier bien opaque à la lumière ambiante. La lumière émise par la LED est captée par le phototransistor qui devient alors passant. On peut donc transmettre un courant électrique tout en isolant électriquement. Dans son principe, l'optocoupleur fait les conversions successives : courant électrique - lumière infrarouge - courant électrique.

3.2.2 Caractéristiques du PC817

Le PC817 possède les caractéristiques suivantes :

- Boîtier : PDIP-4 (4 pins)
- Type de phototransistor : NPN
- Nombre de canaux : 1
- Forward current : 50 mA
- Max collector emitter voltage : 80V
- Max collector current : 50mA
- Forward Voltage (Vf) : 1.4V
- Reverse voltage (Vr) : 6V

3.3 Actionneur (relai) :

Un relais est un interrupteur qui se commande avec une tension continue ou alternative de faible puissance. La partie interruptrice sert à piloter des charges secteur de forte puissance (plusieurs dizaines d'ampères).

Un relais est composé principalement d'un électroaimant, qui lorsqu'il est alimenté, il transmet une force à un système de commutation électrique : les contacts. Dans les systèmes mettant en œuvre une grande puissance, on appelle les relais des "contacteurs".

[8]

Le rôle du relais dans notre système est donc de garantir que les opérateurs respectent les consignes de sécurité en utilisant correctement le bracelet ESD. En cas de non-respect, le relais agit comme un interrupteur de sécurité en coupant l'alimentation de la ligne de production, ce qui arrête les opérations jusqu'à ce que le problème soit résolu.

Cela permet de protéger les composants électroniques sensibles contre les risques de décharges électrostatiques potentielles, assurant ainsi la qualité et la fiabilité des produits fabriqués.

3.4 Le microcontrôleur de l'Arduino UNO

Un μc (Microcontrôleur) est un circuit intégré réunissant les éléments essentiels d'un ordinateur, c'est à dire un micro-processeur, une mémoire vive (RAM) pour les données, une mémoire morte (ROM) pour les programmes, unités périphériques (timers, convertisseurs analogiques numériques (CAN) et interfaces de communication, séries ou parallèles.

Il sert à piloter un système embarqué, seul, ou en collaboration avec d'autres.[7]

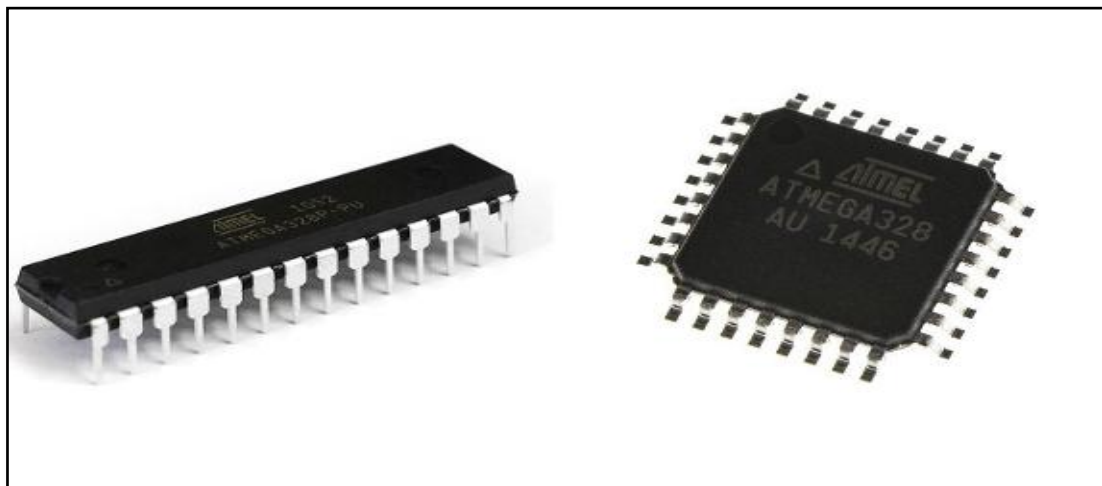


Figure 3.2 : Le atmega328p [14]

3.4.1 Caractéristiques générales de l'Atmega328p

L'Atmega 328p possède les caractéristiques suivantes :

- Nombre de broches : 28 (sur le modèle utilisé en TP)
- Mémoire Flash : 32 ko (programmable par interface série)
- Mémoire Données EEPROM : 1 ko
- Mémoire RAM : 2 ko
- 32 registres de travail d'accès rapide pour l'ALU

- Ports parallèles : 3, avec 23 broches E/S
- Fréquence d'horloge : 16 Mhz (maxi tolérée = 20 Mhz)
 - donc : 16 cycles d'horloge par micro-seconde
- Périphériques internes
 - 6 convertisseur Analogique/Numérique 10 bits, comparateur analogique
 - 1 timer 16 bits (T1), 2 timers 8 bits(T0,T2)
 - 6 canaux PWM, 1 chien de garde (*watchdog*)
 - SPI, USART, TWI (=I2C)
- 26 interruptions

Le rôle du microcontrôleur dans notre système est de recevoir, analyser et traiter le signal d'entrée, puis de prendre des décisions en fonction de la logique programmée. Il permet de contrôler (activer o désactiver) l'actionneur (relais), ce qui rend notre système automatisé, intelligent et réactif aux différentes conditions et commandes.

3.5 Programmation du microcontrôleur :

Afin de développer nos programmes nous utilisons un environnement de développement Arduino, en effet, ou logiciel Arduino (IDE) - contient un éditeur de texte pour écrire du code, une zone de messages, une console de texte, une barre d'outils avec des boutons pour les fonctions courantes et une série de menus. Il se connecte au matériel Arduino pour télécharger des programmes et communiquer avec eux.[12]



Figure 3.3 : illustration de l'Arduino IDE [14]

L'éditeur comprend quatre domaines principaux (figure 3.3) :

1. Une barre d'outils avec des boutons pour les fonctions courantes et une série de menus. Les boutons de la barre d'outils vous permettent de vérifier et de télécharger des programmes, de créer, d'ouvrir et d'enregistrer des esquisses, et d'ouvrir le moniteur série.
2. La zone de message, qui fournit un retour d'information lors de l'enregistrement et de l'exportation et affiche également les erreurs.
3. L'éditeur de texte pour écrire votre code
4. La console de texte affiche le texte produit par le logiciel Arduino (IDE), y compris les messages d'erreur complets et d'autres informations. Le coin inférieur droit de la fenêtre affiche la carte et le port série configurés. [14]

3.5.1 Arduino UNO :

Arduino UNO est une carte à microcontrôleur basée sur l'ATmega328P. Elle dispose de 14 entrées/sorties numériques (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM), de 6 entrées analogiques, d'un résonateur céramique de 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0), d'une connexion USB, d'une prise d'alimentation, d'un connecteur ICSP et d'un bouton de réinitialisation. Il contient tout ce qui est nécessaire pour supporter le microcontrôleur ; il suffit de le connecter à un ordinateur avec un câble USB ou de l'alimenter avec un adaptateur AC-to-DC ou une batterie pour commencer.[13]

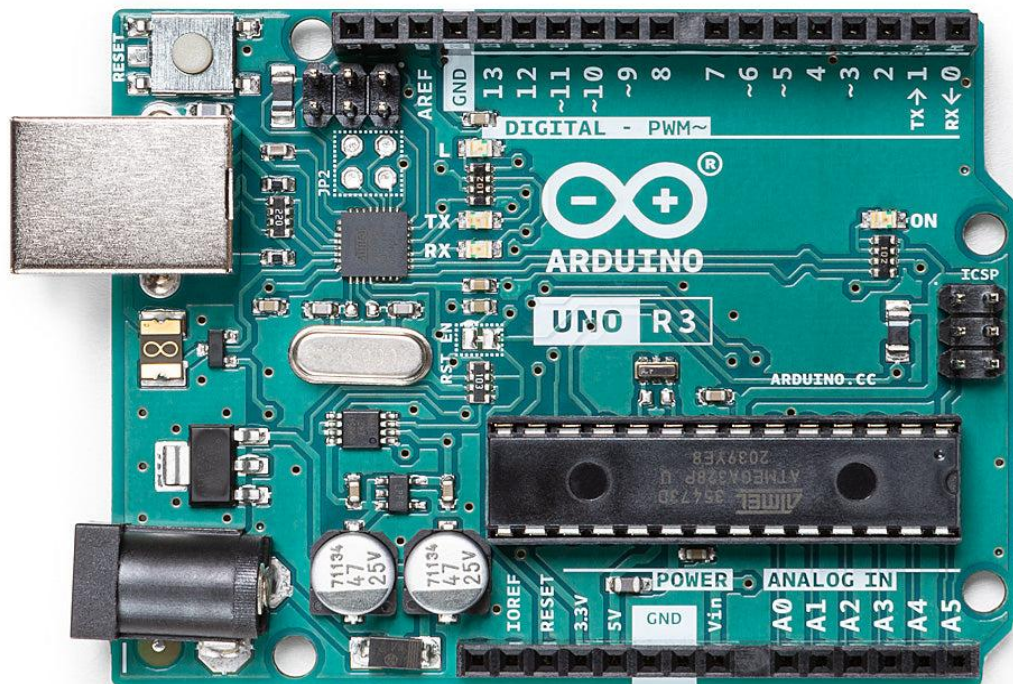


Figure 3.4 : La carte a microcontrôleur Arduino UNO [13]

3.6 Logiciel EAGLE :

EAGLE (Easily Applicable Graphical Layout Editor) est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) largement utilisé dans l'industrie électronique pour la conception de circuits imprimés. Il offre une interface conviviale et puissante, permettant aux concepteurs de créer des schémas électriques, de concevoir des PCB (Printed Circuit Boards) et de générer des fichiers de fabrication. [15]. Le logiciel EAGLE offre une gamme complète d'outils pour la création de schémas, la disposition des composants, le routage des pistes, la génération de bibliothèques de composants et bien plus encore. Il permet également d'effectuer des simulations électriques pour vérifier la fonctionnalité du circuit avant sa fabrication.

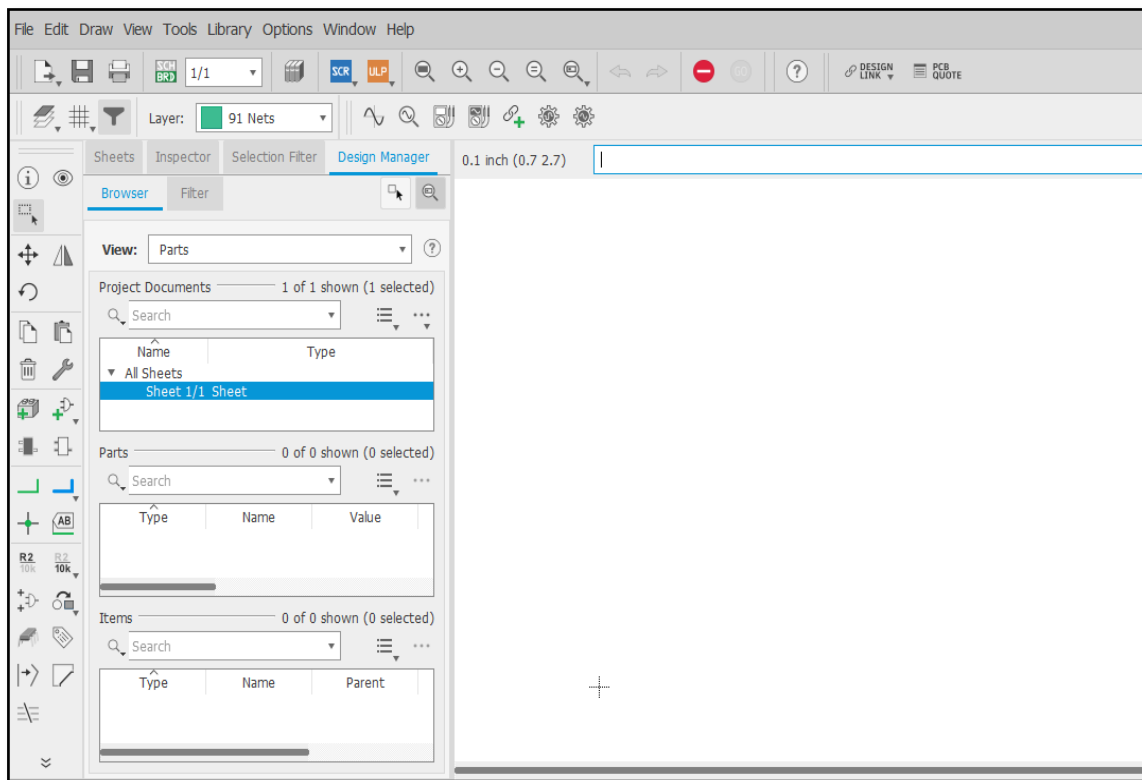


Figure 3.5 : Vue d'édition du Logiciel EAGLE

Nous avons utilisé le logiciel “EAGLE pour la conception de notre carte, en vue de commander notre PCB (Printed Circuit Board)”. Notre carte est constituée des éléments suivant (voir figure 3.6) :

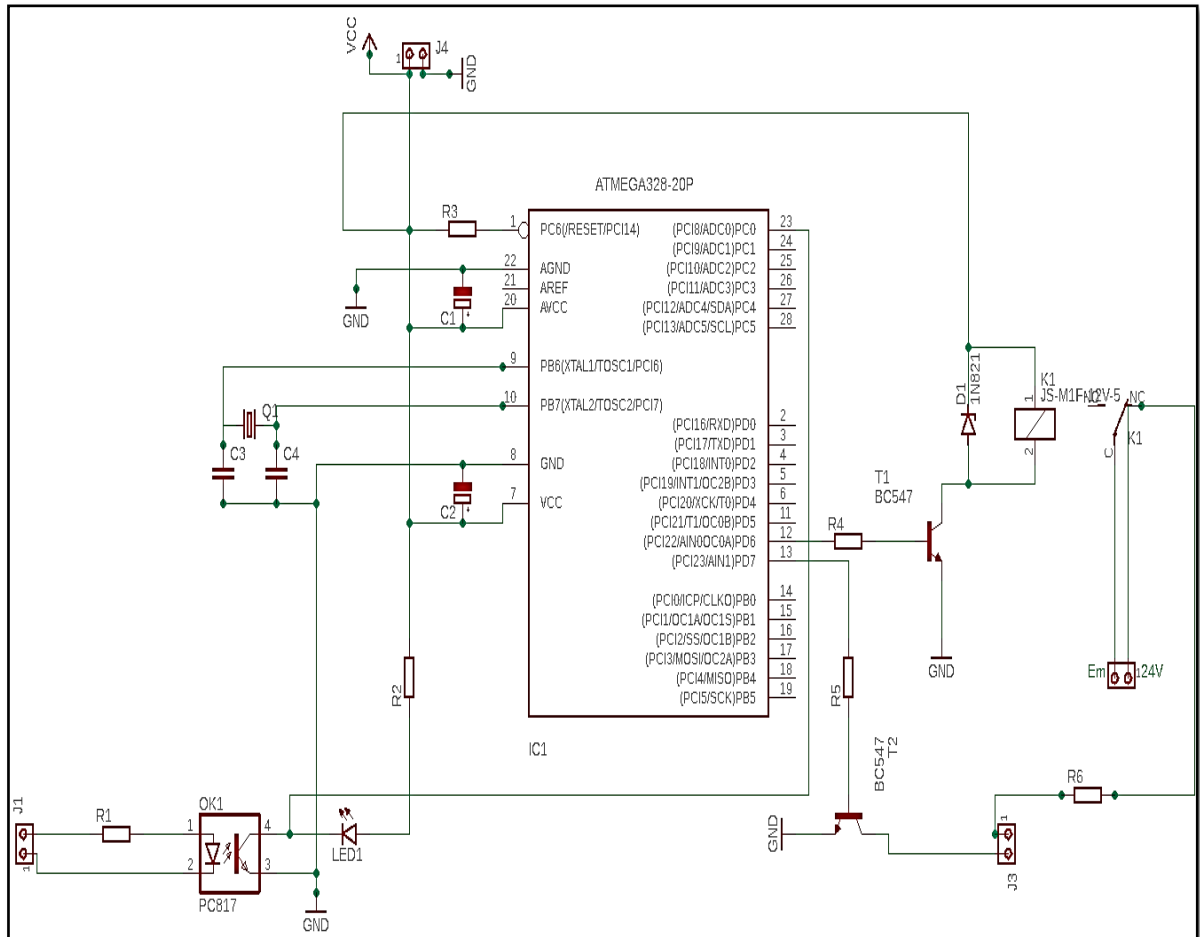


Figure 3.6 : Schéma développé de notre carte effectuer sur EAGLE

-C1, C2 : Des condensateurs de découplages.

-Q, C3, C4 : l'oscillateur externe de 16 MHZ.

-IC1 : le microcontrôleur Atmega 328p.

-Une LED.

-J3 : le branchement du voyant rouge.

-J4 : Alimentation de 5v

-K1 : le relai.

-R1, R2, R3, R4, R5, R6 : Résistances.

-D1 : diode roue libre.

-T1, T2 : transistors.

-Pc817 : l'optocoupleur.

-J1 : Le buzzer (le signal d'entrée à traité)

Ensuite nous avons fait le routage des composants c'est à dire établir les pistes entre les composants d'une façon qu'il y'aura pas d'intersection et de réduire la surface de notre carte le maximum voire figure 3.7.

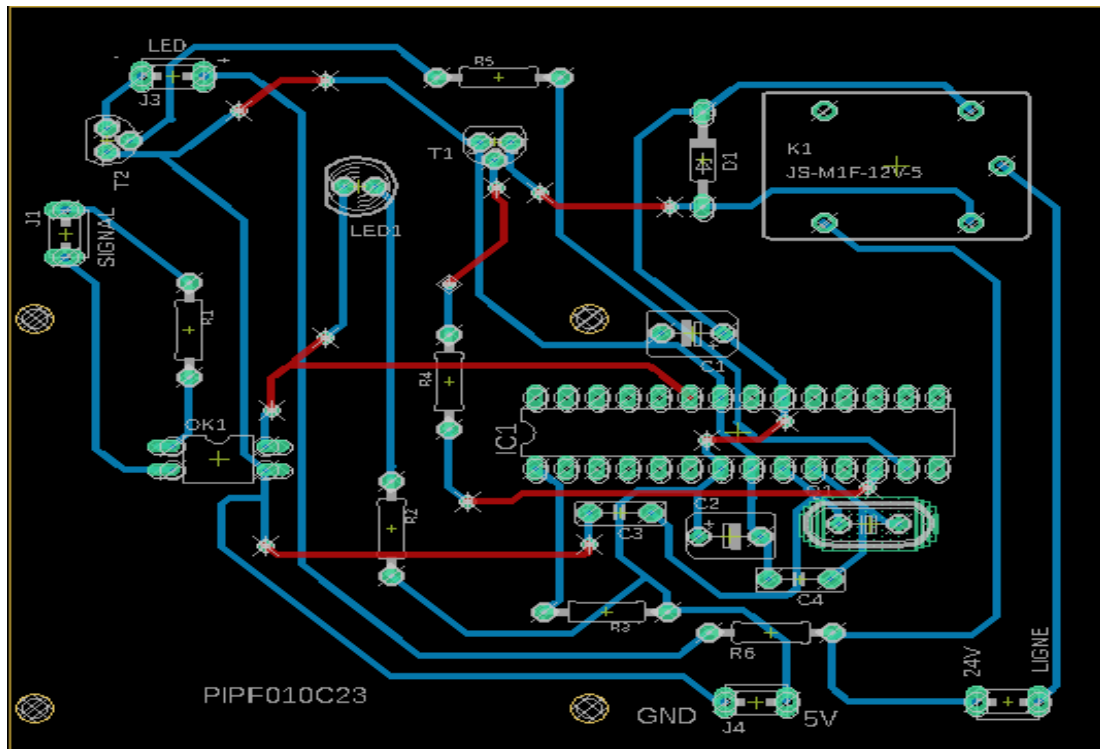


Figure 3.7 : routage de la carte électronique sur EAGLE

3.7 Le transistor NPN BC547:

Le transistor NPN BC547 est un composant électronique couramment utilisé. Il appartient à la famille des transistors bipolaires NPN, ce qui signifie qu'il est constitué de trois couches de semiconducteurs, à savoir une couche de base, une couche émettrice et une couche collectrice.

Le transistor BC547 est largement utilisé dans les circuits électroniques à faible puissance, tels que les amplificateurs audios, les oscillateurs, les commutateurs, etc. Il est caractérisé par une tension de collecteur maximale de 45 volts, un courant de collecteur maximal de 100 mA et une puissance maximale de dissipation de 500 mW.

Ce transistor est encapsulé dans un boîtier TO-92, ce qui le rend facile à intégrer dans les circuits imprimés. Il est compatible avec les techniques de soudage traditionnelles.

Dans notre système nous utilisons le transistor NPN BC547 comme un interrupteur électronique. Lorsqu'un signal est appliqué à la base du transistor, il permet le passage du courant à travers le collecteur et l'émetteur. En d'autres termes, il permet de contrôler le courant électrique du voyant et du relais en fonction du signal d'entrée.

3.8 Les condensateurs de découplage :

Les condensateurs de découplage de tension ou condensateurs de déparasitage, sont des composants électroniques utilisés dans les circuits pour réduire les interférences électromagnétiques et stabiliser la tension d'alimentation.

Les condensateurs de découplage sont généralement placés près des composants électroniques sensibles, tels que les circuits intégrés, les microcontrôleurs ou les amplificateurs. Ils sont connectés en parallèle avec l'alimentation, de sorte que lorsqu'une variation de tension se produit, le condensateur peut réagir rapidement et fournir l'énergie nécessaire pour maintenir une tension stable.

Dans notre système les condensateurs de découplage sont essentiels pour réduire le bruit, stabiliser les tensions d'alimentation et améliorer les performances des circuits électroniques en éliminant les fluctuations de tension indésirables. Ils contribuent à garantir un fonctionnement fiable et sans interférence des composants électroniques sur notre carte électronique.

3.9 Les résistances et les diodes:

Les résistances et les diodes sont des composants essentiels dans la conception des cartes électroniques. Leur présence et leur utilisation sont fondamentales pour assurer le bon fonctionnement et les performances des circuits électroniques

Les résistances sont utilisées principalement pour contrôler le courant électrique dans un circuit. Elles offrent une résistance électrique spécifique et permettent de limiter ou de réguler le flux de courant dans une partie spécifique du circuit.

Les diodes permettent le passage du courant électrique dans une seule direction. Elles jouent un rôle important dans la protection des circuits contre les surtensions et les inversions de polarité.

Dans notre système, les résistances sont utilisées pour la protection des composants électriques (limiter le courant, diviser la tension), tandis que les diodes sont utilisées pour redresser le courant, protéger contre les surtensions. Ces composants jouent des rôles clés dans le fonctionnement et la protection des circuits électroniques.

3.10 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé la partie réalisation de la solution proposée et cela à travers les différents modules qui constituent notre système, en effet, nous avons abordé le microcontrôleur ainsi que son environnement de développement, nous avons également vu les différents composants électroniques utilisées. Le prochain chapitre abordera la partie test de la réalisation.

Chapitre 4

Mise en œuvre et tests

4.1 Introduction :

Le chapitre 4 abordera le sujet des tests du système réalisé, nous rappellerons son fonctionnement global puis nous l'évaluerons sur la base d'une série de tests que nous expliquerons au fur et à mesure.

Il est important en préambule rappeler le fonctionnement de certaines parties de notre système

4.2 Le fonctionnement du moniteur :

Le moniteur de bracelet ESD a pour rôle de surveiller en continue les 3 conditions suivantes :

4.2.1 Mise à la terre

Une terre fonctionnelle est indispensable pour le fonctionnement de notre système, au début de notre travail, l'absence de prise de terre conforme, dans le département qui a accueilli notre PFE, a obligé a une nouvelle installation électrique afin de commencer le travail.

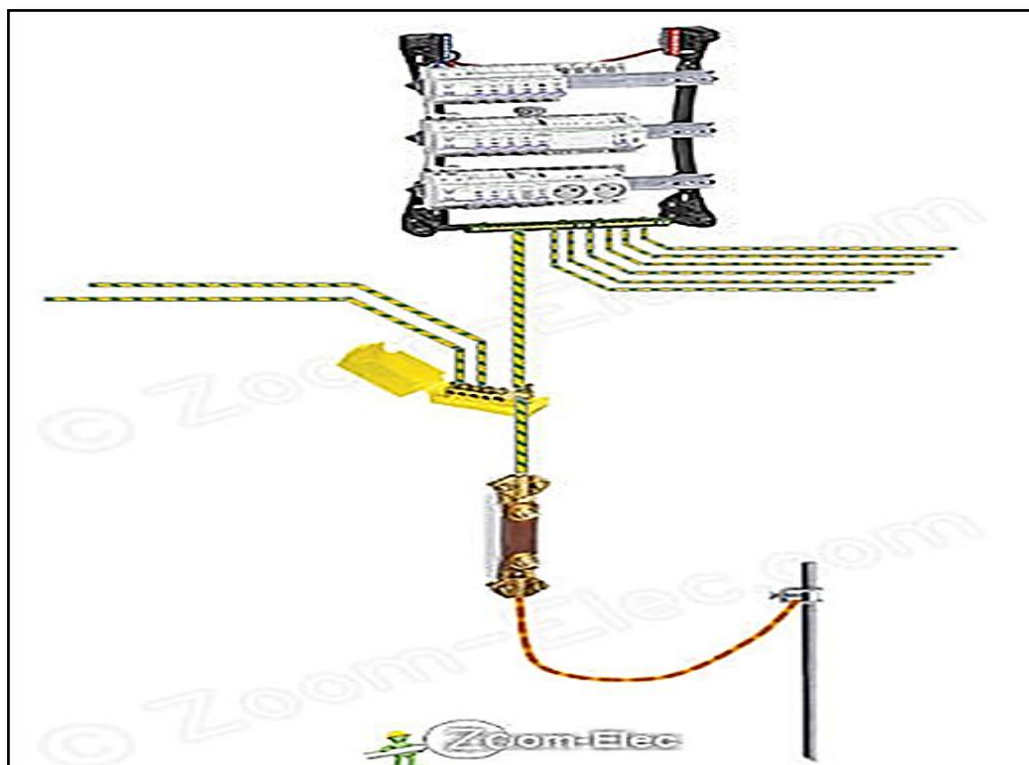


Figure 4.1 : Illustration d'une mise à la terre [10]

4.2.2 Branchement correct du bracelet anti ESD

Le bracelet doit être correctement branché et en contact permanent avec la peau de l'opérateur, afin d'assurer une connexion à la terre et d'assurer l'opération de drainage de charge vers la terre.



Figure 4.2 : Un bracelet en contact avec la main de l'opérateur [3]

4.2.3 Bracelet fonctionnel

Tout bracelet ESD a une durée de vie comprise entre 6 et 12 mois, passé ce délai le bracelet doit être remplacé, pour cette raison il est nécessaire d'effectuer des tests sur le bracelet ESD de manière périodique.



Figure 4.3 : Un bracelet ESD fonctionnel et relié à la terre [11]

Si l'une des conditions citées précédemment n'est pas respectée le moniteur, déclenche une alarme sonore (Buzzer) et il va provoquer le clignotement de la LED rouge pour indiquer qu'il y a une défaillance voire figure 4.4, nous allons exploiter l'un de ces 2 signaux (LED ou Buzzer) pour l'utiliser en tant qu'une entrée pour notre système et le développer à l'aide d'un microcontrôleur.

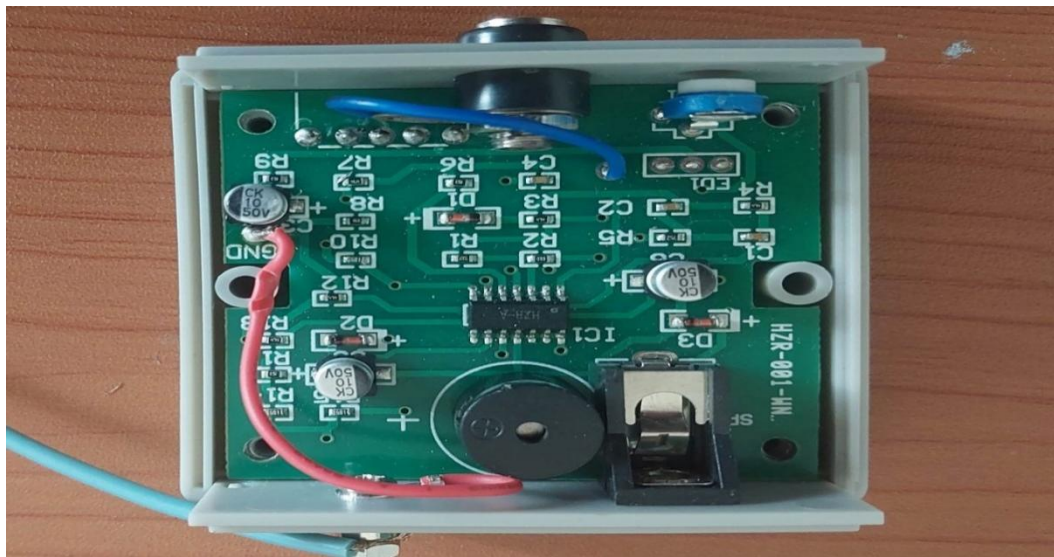


Figure 4.4 : Intérieur du moniteur de bracelet ESD et ses composants

4.3 L'extraction du signal d'entrée :

L'extraction précise du signal du moniteur de bracelet électrostatique en ligne revêt une importance capitale pour obtenir des mesures fiables et cohérentes des états du système étudié.

Deux cas de figure peuvent se présenter, en effet :

- Le moniteur de bracelet ESD allume la LED en vert et le buzzer est silencieux.
- Le moniteur de bracelet ESD fait clignoter la LED en rouge et fait sonner le buzzer.

4.3.1 L'extraction du signal de la LED :

Pour extraire le signal du moniteur de bracelets ESD, nous avons fait des mesures dans les deux états du moniteur, dans le cas 1, c'est à dire LED verte allumée, donc le bracelet est Fonctionnel et le cas 2, LED rouge clignotant, c'est-à-dire, bracelet ESD non fonctionnel, nous avons relevé les mesures suivantes :

LED rouge ON(VOLT)	LED rouge OFF(VOLT)
0.00	0.66
0.63	0.66
1.89	0.66
1.91	0.66

Tableau 4.1 : Les tensions mesurés aux bornes de la LED rouge durant les deux états

Mesure sur la LED lorsqu'elle est verte :

LED verte ON (VOLT)	LED verte OFF (VOLT)
1.96	0.00
1.96	0.00
1.96	0.00
1.95	0.00

Tableau 4.2 : Les tensions mesurées aux bornes de la LED verte durant les deux états

Nous remarquons que les mesures de tension de la LED verte sont plus stables que celles de la LED rouge. Nous avons donc, exploité les mesures de la LED verte en utilisant l'Arduino UNO pour lire le signal et générer un signal numérique de niveau haut lorsque le voltage de la LED connecté au port analogique numéro 3 reçoit une tension supérieure ou égale à 1.96V

Nous avons remarqué que lorsque nous connectons le moniteur avec l'Arduino le fonctionnement du moniteur est perturbé et donne de fausses signalisations.

Après plusieurs tentatives de résolution de ce problème nous avons décidé de changer le point d'extraction du signal avec un point plus stable.

4.3.2 L'extraction du signal du Buzzer :

Le buzzer fonctionne en deux états, dès qu'il y a une défaillance il reçoit 5v du contrôleur de moniteur il donne une signalisation sonore sinon dans le cas fonctionnel il reçoit 0v.

Nous avons exploité cette donnée pour établir un algorithme qui donne un état haut sur deux sorties numériques du UC lorsque le buzzer reçoit 5 v ensuite une des sorties logiques va allumer un voyant rouge et l'autre va exciter le relai pour interrompre la ligne automatique.

Cependant, lorsqu'on branche le signal de buzzer à l'Arduino le moniteur se perturbe. Pour cela, nous avons pensé à ajouter un étage d'isolation pour éliminer ces perturbations.

4.4 L'étage d'isolation des masses :

Nous avons eu des difficultés à extraire le signal du moniteur de bracelet électrostatique, pour résoudre ce problème nous avons mis en œuvre un optocoupleur voir figure 4.5.

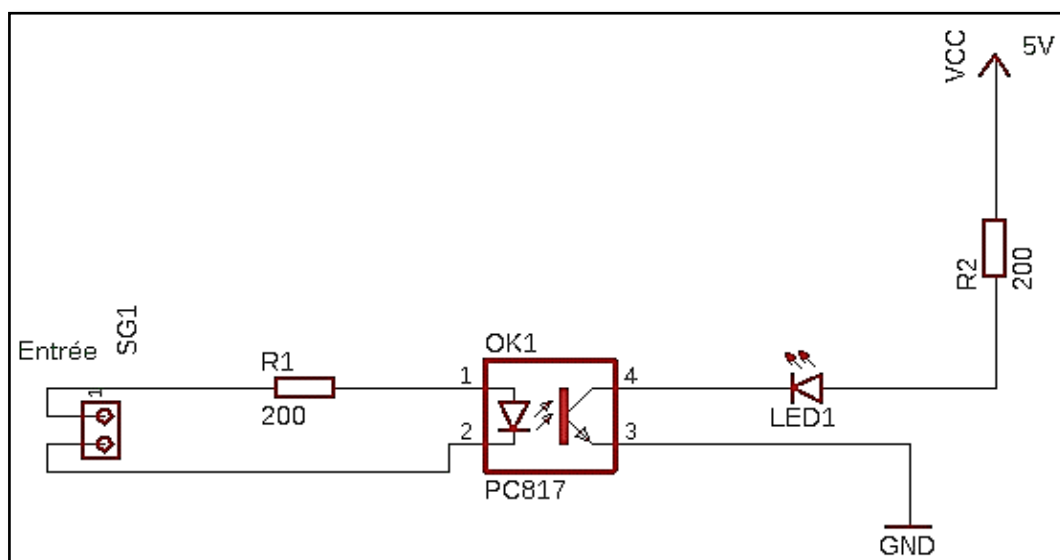


Figure 4.5 : Schéma d'optocoupleur

Le principe d'isolation est simple, notre signal d'entrée (signal du buzzer) passe par une diode luminescente, qui va par la suite exciter le phototransistor, qui va court circuité l'étage suivant et laisse le passage du courant, nous avons ajouté une autre photodiode pour indiquer lorsque le transistor est passant ou bloqué. Après avoir ajouté cet étage nous avons pu également extraire la donnée du moniteur et la traiter à l'aide de l'Atmega 328p sans perturbations.

4.5 Montage sur la plaque d'essai :

La plaque d'essai est un outil qui nous permet de tester le fonctionnement de notre carte électronique, avant de commander le circuit imprimé. On peut voir le montage effectuer sur la figure 4.6 et pour avoir un montage plus clair nous avons refait le montage sur un logiciel de simulation FRITZING voir la figure 4.6.

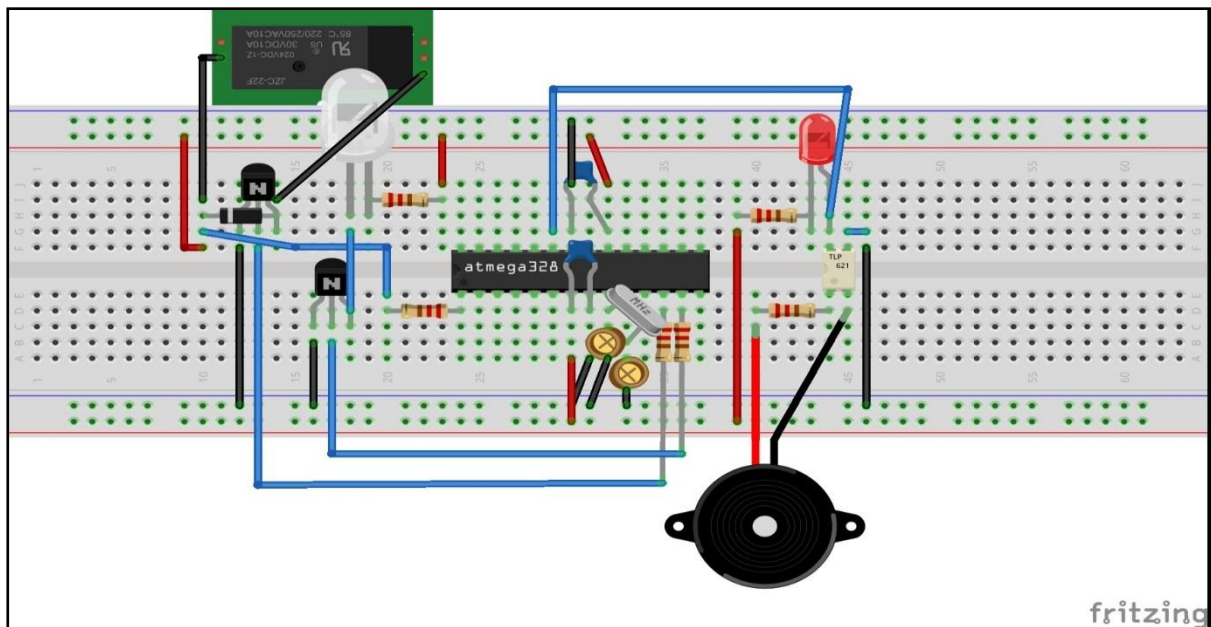


Figure 4.6 : le montage effectuer sur un logiciel de simulation (fritzing)

La figure 4.7 illustre le montage sur la maquette réelle :

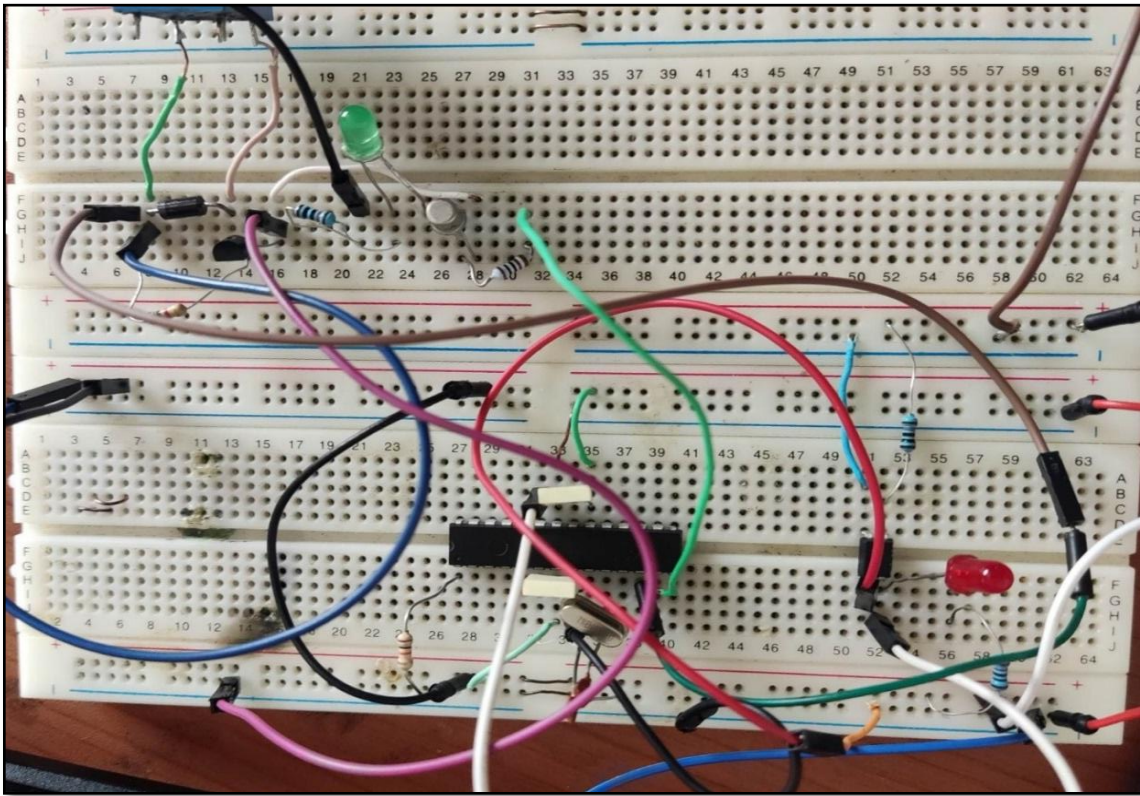


Figure 4.7 : Photo réelle de notre montage sur la plaque d'essai

4.6 Organigramme :

Le langage de programmation de l'Arduino utilisé est le C++, notre programme surveille l'entrée analogique A0, lorsque cette entrée reçoit un signal de 5v, il met les sorties numériques D6 et D7 à 1, afin d'exciter le relai et allumer le voyant, tandis que lorsqu'il reçoit 0v sur le A0, il temporise 3s avant remettre les sorties D6 et D7 à l'état initiale.

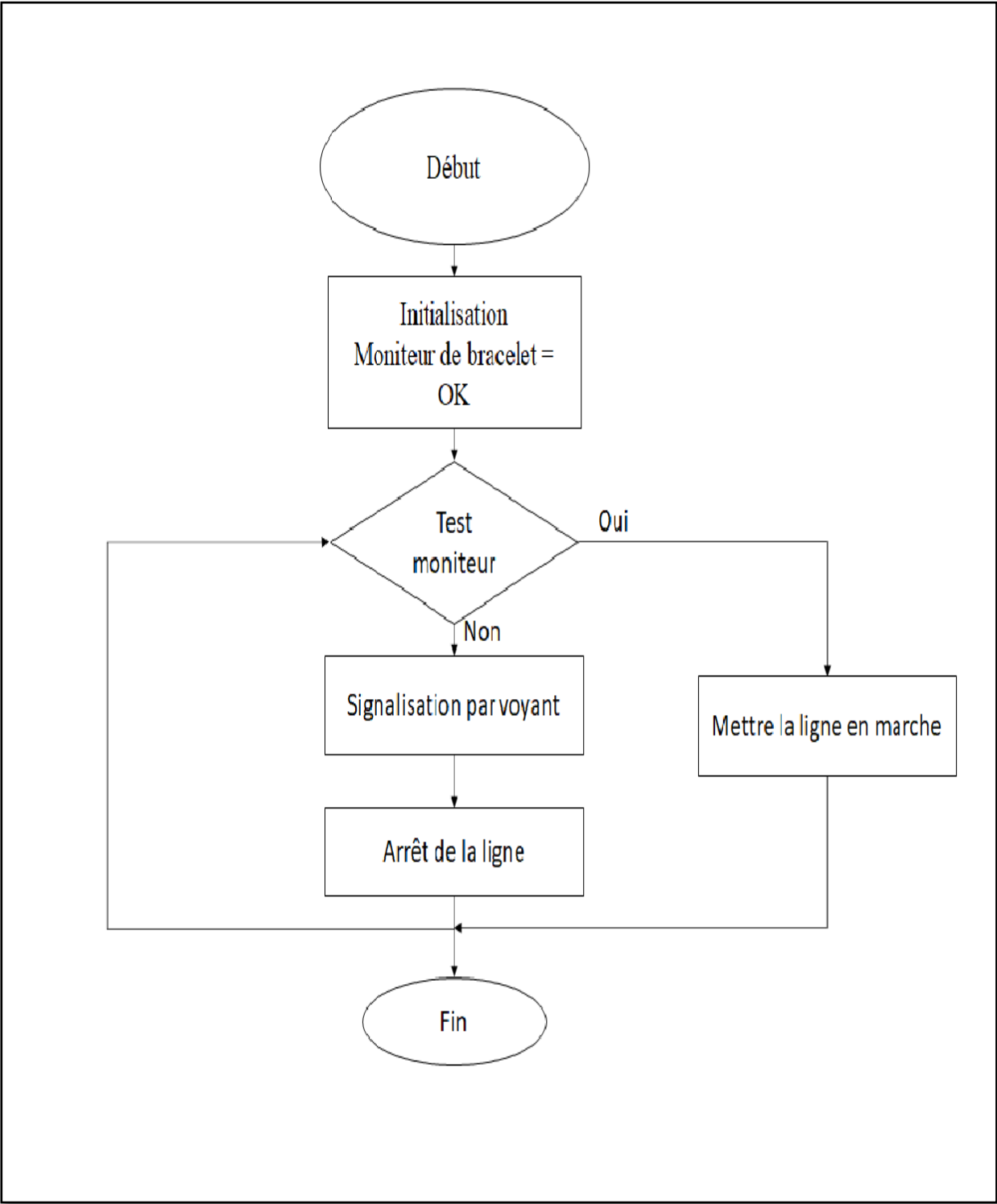


Figure 4.8 : L'organigramme de notre programme

4.7 Carte réalisée :

Le carte PCB réalisée est montre sur la photo qui suit.

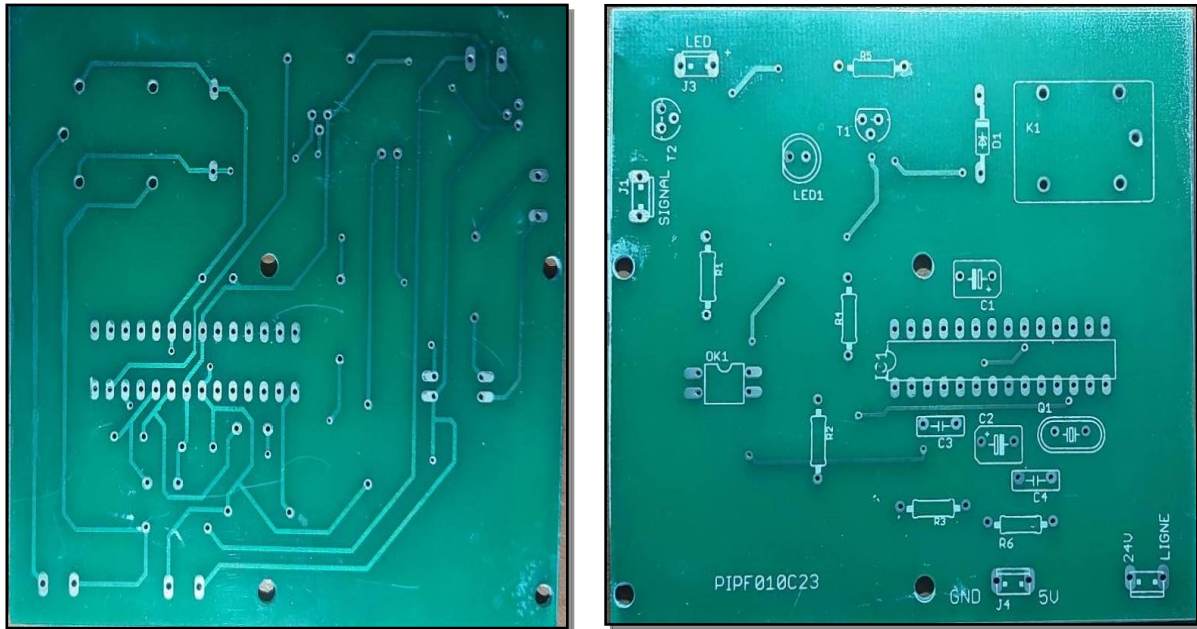


Figure 4.9 : Circuit imprimé, à gauche le coté pistes et à droite le coté composants

La photo qui suit montre le circuit réalisé après le soudage des différents composants :



Figure 4.10 : Carte électronique réalisée

4.8 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons montré notre réalisation à travers ces différents modules, à savoir la partie hardware, matérialisée par une carte électronique soudée, ainsi que la partie software, représentée par un programme en C++ déroulée sur un module Arduino UNO.

Conclusion Générale

Le phénomène de décharges électrostatique est responsable de dégâts irréversibles causées aux composants électroniques, ce phénomène est un phénomène physique incontournable, l'élimination de ce dernier n'est pas possible, cependant, comme mentionner en introduction, nous pouvons en réduire les risques.

L'installation d'un système de prévention servant de barrière requiert l'aménagement de solutions simples mais très efficaces.

Dans ce travail nous nous sommes efforcés de proposer et de mettre au point une solution gérant l'utilisation de dispositif de produit ESD, plus précisément de bracelet contre la décharge électrostatique, au niveau de l'usine de BOMARE COMPAGNY.

La solution proposée consiste en une carte électronique, basée sur un microcontrôleur, le système réalisé permet de s'assurer de la correcte utilisation d'un bracelet anti ESD, et de signaler le cas échéant un poste ou le dispositif de protection est hors service.

Dans ce travail, afin d'illustrer le contexte de notre travail, nous avons d'abord présenté l'entreprise siège de notre PFE, à travers ses différents départements, nous avons également détaillé un petit peu plus le département dans lequel nous avons mis en œuvre notre solution et enfin nous avons mis en avant la problématique que nous avons traité.

Dans le second chapitre, nous avons expliqué l'origine et surtout les conséquences des décharges électrostatiques et nous avons détaillé la solution mis en œuvre dans son volet théorique.

Finalement, nous avons abordé la réalisation de la solution proposée à travers le développement des différents modules qui la constituent, nous avons abordé la partie électronique ainsi que la partie programme, le programme développé est exécuté sur un microcontrôleur Atmega.

La solution proposée est fonctionnelle et peut être d'ores et déjà mis en œuvre au niveau de l'unité de production, cependant certaines améliorations peuvent être apportées, par exemple, la signalisation du poste à l'origine de l'alarme ESD via une interface graphique, qui affiche les postes en temps réelle et qui se connecte par wifi. Il est également possible de faire appel un dispositif automatiser grâce à un API exploitant également une interface de supervision IHM.

Au finale, nous pouvons dire que ce travail, a permis d'enrichir notre savoir dans le domaine de l'électronique. En effet, nous avons eu l'opportunité de découvrir les différents aspects de la conception des projets industriels et les outils de développements, de l'étude jusqu'à la production, nous avons vu une problématique réelle et proposé une réponse concrète, certes perfectible mais néanmoins opérationnelle.

Bibliographie

Bibliographie :

- [1]https://www.istegroup.com/wp-content/uploads/2018/01/326_Méthodologies-de-protection-ESD_Bafleur_première-partie.pdf
- [2]<https://fr.rs-online.com/web/content/blog-discovery/conception-electronique/decharges-electrostatiques>
- [3]Mazari Meriem "initiation ESD" support du cours.
- [4]<https://www.futura-sciences.com/maison/questions-reponses/electricite-realiser-mise-terre-10901/>
- [5]<https://www.bondline.co.uk/blog/how-does-an-anti-static-wristband-work#>
- [6]<https://uge-one.com/pc817-optocoupler-optoisolator-dip-ic.html>
- [7]<https://www-lisic.univ-littoral.fr/~hebert/microcontroleur/atmel/>
- [8]https://sti2d.ecolelamache.org/le_relais_lectromcanique.html
- [9]<https://components101.com/switches/5v-relay-pinout-working-datasheet>
- [10]<https://schema-electrique.net/mise-a-la-terre-installation-electrique-norme-NF-C-15-100.html>
- [11]<https://www.elabo.com/workstation-solutions/esd/esd-solutions/esd-accessories/detail/esd-earthing-systems/>
- [12]<https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/arduino-ide-v1-basics>
- [13]<https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>
- [14]<https://www.newark.com/microchip/atmega328p-pn/microcontroller-mcu-8-bit-atmega/dp/68T2943>
- [15]<https://www.autodesk.com/products/eagle/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- [16] <https://www.abovo.ch/fr/pour-en-savoir-plus/le-bon-taux-dhumidite-pour-la-protection-esd/>