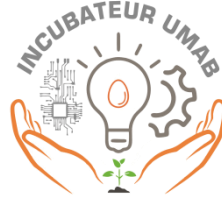


	وزارة البحث العلمي والتعليم العالي	
	MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPEREUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE	
	جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم	
	Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem	
	كلية العلوم و التكنولوجيا	
	Faculté des Sciences et de la Technologie	
	DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE	

N° d'ordre : M/GE/2023



MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

MASTER EN ELECTRONIQUE

Option : électronique des systèmes embarqués

Intitulé du sujet

Un data logger pour un appareil d'essais de consolidation des sols à lecture simple

Par

Belghali Mohamed Elamine

Bahi Nabila

Soutenu le 16 / 07 / 2023 devant le jury composé de :

Président :	Pr YAGOUBI Benabdallah	FST GE Université de Mostaganem
Examineur 1:	Pr MALIKI Mustapha	FST GC Université de Mostaganem
Examineur 2:	Dr DAOUD Mohammed	FST GE Université de Mostaganem
Représentant de l'incubateur	Dr MEKHATRIA Djilali	FST GP Université de Mostaganem
Représentant de partenaire socioéconomique	Mm. ZINE el Houda	SETRAM Mostaganem
Rapporteur :	Pr MERAH Mostefa	FST GE Université de Mostaganem
Sous-rapporteur :	Dr MOSTEFA Fouzia	FST GC Université de Mostaganem
Invité :	Pr BENZIDANE EL Hadj	FSECSG Université de Mostaganem

Année Universitaire 2022/2023

Remerciements

*Tout d'abord, la louange entière est **Allah** pour l'énergie et le courage qu'il nous a donné pour terminer notre travail et notre étude.*

*Nous tenons remercier nos deux encadreurs monsieur **Mustapha MERAH** et madame **Mostefa Fouzia** pour leur constante disponibilité notre égard et leur aide précieuse pour mener bien ce modeste travail, ainsi de nous avoir donné l'envie d'investir dans l'univers d'électronique et traitement d'image.*

*Nous remercions aussi tous les enseignants de la Faculté des Sciences et de la Technologie, en général et monsieur **takkarli saber** de laboratoire Fablab, et ceux du département de Génie électrique, en particulier, qui ont contribué notre formation.*

On remercie vivement l'ensemble des étudiants de notre faculté et surtout nos camarades de classe avec qui nous avons passé cinq merveilleuses années.

Enfin, permettez-nous d'adresser nos sincères remerciements nos amis, proches, et toute personne qui nous encouragé et cru à nous dès le début.

Nous sommes heureux d'être des électroniciens sur cette planète.

Dédicace

Nous dédions ce travail qui n'aura jamais pu voir le jour sans les soutiens indéfectibles et sans limites de nos chers parents qui ne cessent de nous donner avec amour le nécessaire pour que nous puissions arriver ce que nous sommes aujourd'hui.

Que Dieu vous protège et que la réussite soit toujours à portée pour que nous puissions vous combler de bonheur.

Nous dédions aussi ce travail :

- *Nos sœurs.*
- *Tous mes cousins et cousines.*
- *Tous mes amis, mes collègues.*

Table des matières

Introduction générale	1
------------------------------------	----------

Chapitre I : Les systèmes embarqués

I Introduction	4
I.1.1 Définition Systèmes embarqués	5
I.1.2 Spécificités d'un système embarqué	5
II Les systèmes analogiques	6
II.1 Utilisation des systèmes analogiques	7
III Les systèmes numériques	8
III.1 Utilisation des systèmes numériques	9
IV Les différences entre système analogique et numérique	10

Chapitre 2 : L'essai œdométrique

I Introduction	12
II Définition et principe de l'essai	13
II.1 L'oedomètre	13
II.2 Appareillage	14
III Principe de l'essai	14
III.1 Préparation de l'essai	15
III.2 But de l'essai	15
IV Mode opératoire de l'essai œdométrique	16

Chapitre 3 : data logger d'un essai de consolidation

I	Introduction	18
II	Matériel utilisé	19
	II.1 Arduino uno	19
	II.2 Capteur tr-0010 novotechnik (LVDT sensor)	20
	II.3 LCD 16x2	21
	II.4 RTC	22
	II.5 SD CARD Module	23
III	Développement d'enregistreurs de données	25
	III.1 Microcontroller	25
	III.2 Horodatage	26
	III.3 Stockage de donnes	27
IV	DÉVELOPPEMENT DE LOGICIELS	28
V	Dispositif d'enregistrement de donnees propose	30
VI	RÉSULTATS ET DISCUSSION	35
	Conclusion Générale	39

ANNEXE : BMC et BMC Annexe

I	Introduction	41
II	Tableau BMC	43
III	BMC ANNEXE	44

Introduction Générale

Dans le domaine des avancées technologiques, la transition de l'analogique au numérique a révolutionné de nombreux secteurs et processus. Un domaine fortement impacté par cette transition est la journalisation des données, qui implique la collecte systématique, le stockage et l'analyse de données à des fins diverses. Dans le passé, la journalisation des données reposait principalement sur des machines analogiques, qui présentaient souvent des limites en termes de précision, d'efficacité et de capacités de surveillance en temps réel. Cependant, avec l'avènement des technologies numériques, la transformation des machines analogiques en machines numériques avec des fonctions de journalisation de données en temps réel est devenue une étape importante.

Le passage de l'analogique au numérique implique l'intégration de journaliseurs de données modernes qui utilisent le calcul numérique et des algorithmes avancés pour collecter, traiter et analyser les données. En ajoutant des capacités en temps réel à ces journaliseurs de données numériques, une multitude d'avantages émerge, améliorant l'efficacité, la précision et la fonctionnalité globale du processus de journalisation des données.

Un avantage principal de la mise à niveau des machines analogiques vers des journaliseurs de données numériques est l'amélioration de la précision et de la précision de la collecte de données. Les machines analogiques souffrent souvent d'inexactitudes inhérentes et d'interférences de bruit, ce qui peut introduire des erreurs dans les données enregistrées. En revanche, les journaliseurs de données numériques fournissent des mesures précises, éliminant les limitations inhérentes des systèmes analogiques. En capturant les données sous forme numérique, il devient plus facile de maintenir l'intégrité des données et de réduire la marge d'erreur, ce qui conduit finalement à des résultats plus fiables et dignes de confiance.

De plus, l'intégration des capacités en temps réel dans les journaliseurs de données numériques offre des avantages significatifs en termes de surveillance et d'analyse. La journalisation des données en temps réel permet une surveillance continue des flux de données, permettant une détection rapide des anomalies, des tendances et des motifs. Cette capacité à surveiller les données en temps réel ouvre de nouvelles possibilités d'optimisation des processus, de systèmes d'alerte précoce et de prise de décision basée

sur des informations à jour. Les industries telles que la fabrication, les soins de santé, la surveillance de l'environnement et la recherche scientifique peuvent grandement bénéficier de ces capacités en temps réel, car elles permettent de réagir rapidement aux situations critiques et de faciliter des interventions proactives.

De plus, la transition vers les journaliseurs de données numériques apporte une amélioration du stockage et de l'accessibilité des données. Les machines analogiques reposaient souvent sur des supports physiques, tels que des diagrammes sur papier ou des bandes magnétiques, pour le stockage des données. Cela rendait la récupération, le partage et l'analyse des données fastidieux et chronophages. En revanche, les journaliseurs de données numériques facilitent le stockage et l'organisation transparents des données sous forme électronique, tels que des bases de données ou des plateformes basées sur le cloud. Cette numérisation des données permet une récupération facile, des fonctionnalités de recherche avancées et la possibilité d'intégration avec d'autres systèmes numériques et outils d'analyse, simplifiant ainsi l'ensemble du processus de gestion des données.

En conclusion, la transformation des machines analogiques en machines numériques en intégrant des fonctions de journalisation de données en temps réel représente une avancée majeure dans le domaine de la collecte et de l'analyse de données. En exploitant les technologies numériques, les organisations peuvent atteindre des niveaux plus élevés de précision, d'efficacité et d'accessibilité dans leurs efforts de journalisation des données. La capacité à capturer et à surveiller les données en temps réel permet aux industries de prendre des décisions éclairées rapidement, ce qui se traduit par une meilleure efficacité opérationnelle, une optimisation des processus et une amélioration globale des performances. À mesure que la technologie continue de progresser, la numérisation des machines analogiques deviendra probablement de plus en plus répandue, façonnant l'avenir de la journalisation des données et ouvrant une nouvelle ère d'informations et d'innovations basées sur les données.

CHAPITRE 1



Les systèmes embarqués

I. Introduction

Les systèmes embarqués sont devenus omniprésents dans notre vie quotidienne. Ils sont présents dans de nombreux dispositifs électroniques, tels que les téléphones portables, les voitures, les appareils ménagers, les équipements médicaux, les avions, les trains et même les jouets pour enfants.

Ces systèmes sont conçus pour effectuer des tâches spécifiques, souvent en temps réel, avec une consommation d'énergie minimale et une taille compacte. Ils sont souvent programmés pour surveiller et contrôler diverses fonctions, ce qui les rend essentiels pour garantir la sécurité et la fiabilité de nombreux systèmes critiques.

Les systèmes embarqués ont radicalement transformé la manière dont nous vivons, travaillons et interagissons avec le monde qui nous entoure. Grâce à eux, nous pouvons effectuer des tâches plus rapidement et plus efficacement, améliorer la qualité de vie des personnes, et accroître la sécurité et la fiabilité de nombreux systèmes essentiels.

En somme, les systèmes embarqués sont devenus des composants indispensables de notre vie quotidienne, et leur importance ne cesse de croître.

Les systèmes embarqués sont également utilisés dans des applications médicales telles que les stimulateurs cardiaques, les dispositifs de surveillance de la pression artérielle et les pompes à insuline. Ces dispositifs sont conçus pour être portables et fonctionner en continu pendant de longues périodes sans nécessiter de maintenance.

Dans l'industrie automobile, les systèmes embarqués sont utilisés pour améliorer la sécurité, la fiabilité et le confort des conducteurs et des passagers. Ils sont capables de surveiller en temps réel les performances du moteur, les conditions de conduite et les systèmes de freinage, et peuvent ajuster automatiquement les paramètres pour garantir la sécurité et l'efficacité.

Les systèmes embarqués sont devenus des outils incontournables pour améliorer notre qualité de vie, notre sécurité et notre productivité. Ils ont transformé la manière dont nous interagissons avec le monde qui nous entoure et continueront de jouer un rôle important dans notre avenir technologique.

I.1.1 Définition Systèmes embarqués :

L'embarqué (ou "système embarqué") désigne un type de système informatique qui est intégré dans un appareil ou une machine afin de contrôler son fonctionnement. Les systèmes embarqués sont conçus pour effectuer une ou plusieurs tâches spécifiques, souvent en temps réel, et ils sont généralement limités en termes de ressources matérielles et logicielles.

Les exemples courants de systèmes embarqués incluent les contrôleurs de température dans les réfrigérateurs, les systèmes de navigation dans les voitures, les contrôleurs de vol dans les avions, les systèmes de contrôle de sécurité dans les centrales nucléaires, les systèmes de contrôle de la circulation dans les intersections et les systèmes de surveillance dans les bâtiments. Les systèmes embarqués peuvent être conçus pour être autonomes ou pour se connecter à d'autres systèmes pour communiquer des données ou recevoir des instructions.

I.1.2 Spécificités d'un système embarqué :

a) Caractéristiques générales :

Les systèmes embarqués ont plusieurs caractéristiques générales, notamment :

- **Fonctionnalité spécifique :** Les systèmes embarqués sont conçus pour effectuer une tâche spécifique ou un ensemble de tâches. Ils sont souvent spécialisés pour répondre aux besoins d'un domaine particulier, comme l'automobile, l'aérospatiale, la santé, l'industrie, etc.
- **Ressources limitées :** Les systèmes embarqués ont des ressources limitées en termes de mémoire, de puissance de traitement, d'énergie et de capacités de stockage. Ils sont optimisés pour utiliser efficacement ces ressources pour accomplir leur tâche spécifique.

- Temps réel : De nombreux systèmes embarqués fonctionnent en temps réel, ce qui signifie qu'ils doivent répondre aux événements et aux stimuli dans des délais prédéfinis pour assurer un fonctionnement correct.
- Communication : Les systèmes embarqués peuvent communiquer avec d'autres systèmes et appareils pour partager des données ou pour recevoir des instructions.
- Sécurité : Les systèmes embarqués peuvent fonctionner dans des environnements où la sécurité est primordiale, tels que les avions, les centrales nucléaires, etc. Ils sont donc souvent conçus pour être robustes, fiables et sécurisés.
- Mise à jour : Les systèmes embarqués sont souvent conçus pour être mis à jour en cas de besoin, notamment pour corriger des erreurs, ajouter de nouvelles fonctionnalités ou améliorer les performances.
- Coût : Les systèmes embarqués sont souvent conçus pour être économiques et abordables, tout en offrant des performances suffisantes pour leur tâche spécifique.

II. Les systèmes analogiques :

Les systèmes analogiques sont des systèmes qui utilisent des signaux analogiques pour transmettre des informations. Contrairement aux systèmes numériques, les systèmes analogiques utilisent des signaux continus qui varient en fonction du temps pour représenter des données.

Les systèmes analogiques sont utilisés depuis longtemps dans de nombreuses applications, telles que la communication, l'électronique de puissance, l'audio et la vidéo. Les signaux analogiques sont particulièrement utiles pour transmettre des signaux qui varient en continu, tels que la musique ou la voix humaine.

Les systèmes analogiques ont été largement utilisés dans les domaines de l'ingénierie et de la technologie depuis des décennies. Ces systèmes fonctionnent en utilisant des signaux analogiques qui sont des signaux continus qui varient en amplitude et en fréquence. Les signaux analogiques sont des représentations continues d'une quantité physique, telle que la tension ou le courant, et sont utilisés pour transmettre des informations

Les systèmes analogiques peuvent être utilisés pour diverses applications, notamment la transmission de signaux audio et vidéo, la mesure de température et de pression, et la régulation de systèmes tels que les moteurs électriques. Les systèmes analogiques sont souvent considérés comme moins précis que les systèmes numériques, car ils sont sensibles aux fluctuations de tension et de température, ainsi qu'aux interférences électromagnétiques. Cependant, ils sont

toujours largement utilisés dans de nombreux domaines car ils sont souvent moins coûteux et plus simples à mettre en œuvre que les systèmes numériques.

L'un des avantages des systèmes analogiques est leur capacité à transmettre des informations en temps réel. Les signaux analogiques peuvent être transmis instantanément sans avoir besoin de convertir les données en code numérique. Les signaux analogiques sont également moins susceptibles d'être affectés par les retards et les latences qui peuvent affecter les systèmes numériques. Cela les rend utiles pour les applications en temps réel, telles que les transmissions en direct et la surveillance en temps réel.

Les systèmes analogiques présentent également des inconvénients. Ils sont sensibles aux interférences électromagnétiques, ce qui peut entraîner des pertes de signal et des erreurs de mesure. Les signaux analogiques sont également sensibles aux fluctuations de tension et de température, ce qui peut affecter la précision des mesures. Enfin, les signaux analogiques sont plus difficiles à stocker et à traiter que les données numériques, ce qui peut limiter leur utilité dans certaines applications.

II.1 Utilisation des systèmes analogiques :

Les systèmes analogiques ont joué un rôle important dans le développement de la technologie moderne. Ces systèmes utilisent des signaux continus pour transmettre des informations, contrairement aux systèmes numériques qui utilisent des signaux discrets. Bien que les systèmes numériques soient maintenant prédominants, les systèmes analogiques restent utilisés dans de nombreux domaines.

Un des domaines dans lesquels les systèmes analogiques sont encore largement utilisés est l'audio. Les enregistrements musicaux sont souvent enregistrés en utilisant des systèmes analogiques, car ils peuvent capturer une gamme plus large de fréquences sonores que les systèmes numériques. De plus, les audiophiles considèrent souvent que les systèmes analogiques offrent une qualité de son supérieure à celle des systèmes numériques.

Les systèmes analogiques sont également utilisés dans la transmission de signaux radio et télévision. Les signaux analogiques peuvent être transmis sur de longues distances avec une perte minimale de qualité, tandis que les signaux numériques peuvent être plus sensibles aux interférences et aux perturbations électromagnétiques. Bien que la transition vers la télévision

numérique ait été réalisée dans de nombreux pays, il existe encore des régions du monde où la télévision analogique est la norme.

Dans le domaine de la mesure, les systèmes analogiques sont souvent utilisés pour mesurer des grandeurs physiques telles que la température, la pression ou la vitesse. Les instruments de mesure analogiques sont souvent simples et faciles à utiliser, et ils peuvent fournir des informations en temps réel sur une gamme continue de valeurs. Les systèmes analogiques sont également utilisés dans les dispositifs de commande industriels pour contrôler des processus tels que la production de produits chimiques ou la régulation de la température.

III. Les systèmes numériques :

Les systèmes numériques ont révolutionné la manière dont nous interagissons avec le monde qui nous entoure. De nos jours, nous utilisons des ordinateurs, des smartphones, des tablettes et d'autres gadgets pour communiquer, travailler, apprendre et nous divertir. Les systèmes numériques sont partout, des ordinateurs de bureau aux montres intelligentes en passant par les voitures connectées. Dans cet article, nous allons explorer les différents types de systèmes numériques, leurs utilisations et leurs avantages.

Un système numérique est un système qui utilise des nombres binaires pour représenter des données et des informations. Ces nombres binaires ne sont que des 0 et des 1, qui peuvent être combinés pour représenter des lettres, des chiffres, des images et même du son. Les ordinateurs sont des exemples de systèmes numériques, car ils utilisent des nombres binaires pour stocker, traiter et transmettre des informations.

Les systèmes numériques ont de nombreux avantages par rapport aux systèmes analogiques. Tout d'abord, les systèmes numériques sont plus précis, car ils peuvent stocker et traiter des données avec une grande précision. De plus, les systèmes numériques sont plus fiables que les systèmes analogiques, car ils sont moins sujets aux interférences et aux erreurs de lecture. Enfin, les systèmes numériques sont plus flexibles que les systèmes analogiques, car ils peuvent être programmés pour effectuer une grande variété de tâches.

Il existe plusieurs types de systèmes numériques, chacun avec ses propres utilisations et avantages. Les ordinateurs personnels sont peut-être les systèmes numériques les plus courants. Ils sont utilisés pour la bureautique, la navigation sur Internet, la communication et le divertissement. Les smartphones et les tablettes sont des systèmes numériques portables qui permettent aux utilisateurs de rester connectés en tout temps et en tout lieu.

III.1 Utilisation des systèmes numériques :

L'utilisation des systèmes numériques est devenue omniprésente dans notre vie quotidienne. Les ordinateurs, les téléphones portables, les tablettes et autres dispositifs électroniques sont tous basés sur des systèmes numériques.

Les systèmes numériques fonctionnent en utilisant des nombres binaires (0 et 1) pour représenter toutes les données et les instructions. Les processeurs numériques sont capables de traiter ces données et d'exécuter des instructions à une vitesse incroyablement rapide.

En plus des ordinateurs et des appareils électroniques, les systèmes numériques sont également utilisés dans d'autres domaines tels que la télévision, la radio et les systèmes de communication. Les signaux sont convertis en données numériques pour être transmis plus facilement et efficacement.

Les avantages des systèmes numériques sont nombreux. Ils sont rapides, précis, fiables et peuvent stocker de grandes quantités de données dans un petit espace. De plus, ils peuvent être programmés pour effectuer une grande variété de tâches différentes.

Cependant, il y a également des inconvénients associés à l'utilisation de systèmes numériques. Ils peuvent être coûteux à produire et à entretenir, et leur complexité peut rendre difficile la résolution de problèmes en cas de dysfonctionnement.

L'utilisation des systèmes numériques est devenue essentielle dans de nombreux aspects de notre vie quotidienne. Ils ont révolutionné la façon dont nous communiquons, travaillons, apprenons et nous divertissons, et continueront probablement à jouer un rôle important dans notre avenir technologique.

IV. Les différences entre système analogique et numérique :

Les systèmes analogiques et numériques sont deux types de systèmes utilisés pour traiter et stocker des informations. La principale différence entre les deux est la manière dont les informations sont représentées et traitées.

Dans un système numérique, les informations sont représentées sous forme de valeurs discrètes, généralement sous forme de nombres binaires. Les signaux numériques sont représentés par une séquence de 0 et de 1 qui peuvent être stockés et traités par des ordinateurs. Les signaux numériques sont moins sensibles au bruit et à la perte de qualité.

Les systèmes numériques sont également plus flexibles que les systèmes analogiques, car ils peuvent être programmés pour effectuer différentes tâches en fonction des instructions données. Les systèmes numériques sont également plus faciles à stocker et à transporter, car ils peuvent être stockés sur des disques durs ou des disques optiques.

En conclusion, les systèmes analogiques et numériques sont des différences fondamentales dans la manière dont ils représentent et traitent l'information. Les systèmes numériques offrent une plus grande flexibilité et sont plus résistants aux interférences, tandis que les systèmes analogiques offrent une représentation plus précise des signaux

CHAPITRE 2



L'essai œdométrique

I. INTROUCTION :

L'essai œdométrique, introduit au début du vingtième siècle dans la pratique de la mécanique des sols, est de loin l'essai le plus utilisé dans les études géotechniques de sols compressibles et peu perméables. Cet essai permet de décrire à la fois l'amplitude et la vitesse du tassement de ces sols, qui sont à l'origine d'une partie notable des problèmes du génie civil.

L'essai œdométrique conventionnel à chargement par paliers, également appelé "essai œdométrique", fournit, d'une part, une courbe de compressibilité connue sous le nom de "courbe œdométrique". Cette courbe relie la contrainte effective à l'indice des vides ou à la déformation relative (sur une échelle linéaire ou logarithmique), et d'autre part, des "courbes de consolidation" qui caractérisent l'évolution des déformations au fil du temps. La perméabilité est également caractérisée par une relation linéaire entre l'indice des vides et le logarithme du coefficient de perméabilité, et le fluage est caractérisé par une relation linéaire entre l'indice des vides (ou la déformation relative) et le logarithme du temps.

L'objectif de l'essai œdométrique est d'évaluer le comportement des sols compressés sous différentes conditions de charge. Cela est réalisé en plaçant un échantillon de sol à l'intérieur d'un appareil œdométrique et en lui appliquant des charges axiales. Les variations de hauteur de l'échantillon et les déformations qui se produisent pendant la charge sont mesurées, ce qui nous permet de déterminer le coefficient de compression et les propriétés de réaction du sol. Les principaux avantages de l'essai œdométrique sont sa capacité à prédire le comportement des sols sous différentes charges de chargement, ce qui aide à concevoir des fondations et des structures de manière plus précise et stable. Les données obtenues à partir de l'essai œdométrique peuvent également être utilisées pour effectuer des analyses techniques et évaluer les propriétés du sol et sa réponse aux charges.

I. DEFINITION ET PRINCIPES DE L'ESSAI :

Les essais de consolidation et de compressibilité permettent d'apprécier la déformation verticale des sols.

Le but est de mesurer le tassement au cours du temps d'une éprouvette cylindrique (intacte) type galette placée dans une enceinte sans déformation latérale possible au fur et à mesure de l'application de différentes charges verticales constantes.

L'éprouvette est saturée d'eau au préalable au premier chargement et étant drainée en haut et en bas, elle est maintenue saturée pendant l'essai[1].

II.1-ESSAI DE COMPRESSIBILITE A L'OEDOMETRE :

1- L'OEDOMETRE :

C'est un appareil de laboratoire utilisé en géotechnique. Cet appareil permet de mesurer le tassement d'un échantillon de sol sous un effort donné, et son gonflement au cours du déchargement des efforts soumis auparavant. L'opération de chargement et déchargement s'effectue par paliers et elle est chronométrée, afin d'en déterminer les propriétés mécaniques lors de calculs de mécanique des sols.

Classification des sols :

- Sol tassant, très tassant ou non.
- Sol peu gonflant, gonflant ou très gonflant.

L'appareil œdométrique numérique consiste à mesurer des formations du sol à partir de ses données de tassement et de consolidation.

Ce type d'appareil est souvent utilisé en laboratoire de géotechnique. Il permet de mesurer le tassement d'un échantillon de sol sous un effort donné, ainsi que son gonflement au cours du déchargement des efforts soumis auparavant[2].

L'opération de chargement et de déchargement effectuée par paliers et elle est chronométrée, afin d'en déterminer les propriétés mécaniques des sols.

2- APPAREILLAGE :

L'appareil comporte essentiellement :

- Moule œdométrique ayant une paroi lisse indéformable.

- Bâti de chargement. Il comprend essentiellement un levier qui transmet les surcharges au piston.
- Disques de poids connus pour charger l'échantillon.
- capteur pour les mesure des tassements.
- Un programme arduino pour communiquer avec le bâti calibrer les capteurs, configurer les essais, acquérir les données et les visualiser en temps réel, rapatrier les données sur tableur type Excel et éditer le rapport d'essai

III PRINCIPE DE L'ESSAI :

L'essai œdométrique consiste à soumettre l'échantillon à une série de pressions verticales et de suivre l'évolution des déformations verticales du matériau dans le temps, sous une surcharge donnée, à l'aide des comparateurs[3]. Les principaux paramètres pouvant être déduits de l'essai œdométrique réalisé sur des échantillons non remaniés sont :

- Les paramètres de compressibilité.
- Le coefficient de consolidation.
- La contrainte apparente de pré consolidation ou la résistance du matériau.
- Le coefficient de consolidation secondaire.
- Les paramètres de gonflement.
- Les principes de l'essai œdométrique à chargement par paliers sont les suivants :
- Le chemin de contraintes correspond à une déformation unidimensionnelle.
- Le drainage est axial et unidimensionnel.

Les chemins de contraintes et les conditions de drainage sous des fondations sont généralement tridimensionnels et des différences peuvent apparaître au niveau des valeurs calculées pour le tassement ou pour sa vitesse. Un tel type d'essai représente le tassement d'une couche de faible hauteur soumise à une surcharge de grande surface.

Dans le cas de la surcharge est ponctuelle, cet essai devient irréaliste, du fait que dans ce cas les déformations latérales du sol sont non négligeables. Une méthode a été proposée par Skempton et Bjerrum pour le calcul du tassement à partir de l'essai œdométrique en tenant compte des déformations latérales dans ce cas. L'analyse d'un essai de consolidation repose généralement sur l'hypothèse que le sol est saturé. Dans le cas de sols non saturés, certains paramètres déduits de l'essai peuvent ne pas avoir de signification physique.

Le sol est placé dans une enveloppe rigide, on exerce sur sa partie supérieure une pression variable à l'aide d'un piston et on mesure les affaissements observés après stabilisation. On détermine ainsi la relation entre les contraintes effectives et les déformations verticales.

III.1 PREPARATION DE L'ESSAI :

1. Placez le moule sur le bâti de consolidation et positionnez l'étrier de chargement.
2. Ajustez l'horizontalité du bras de levier, puis placez le capteur(LVDT)
3. Réglez le capteur(LVDT) sur zéro, puis saturez l'échantillon très lentement
4. Réinitialisez le capteur L'échantillon est maintenant prêt pour l'essai œdométrique
5. Placer la carte mémoire
6. Démarrer le programme
7. Prenez les tassement de chargement et déchargement toutes les 1 minute.

Les opérateurs préparer LE SOL : Il s'agit d'un mélange de solides, d'eau et de gaz. Les sols qui présentent des tassements importants sont des sols saturés. C'est pourquoi les essais doivent être réalisés en milieu saturé. Le phénomène de consolidation : Les contraintes s'appliquent d'abord à l'eau, puis après dissipation des surpressions, au squelette solide.

III.2 BUT DE L'ESSAI :

La manipulation a pour but de déterminer les caractéristiques de compressibilité d'un sol qui permettent d'estimer le tassement d'un massif de sol, par exemple sous une fondation superficielle :

Sous l'effet des charges appliquées, le sol va se déformer : il va subir un tassement. Pour en évaluer l'ampleur, on reproduit le phénomène au laboratoire[5]. On suppose donc que dans le sol, les déformations horizontales sont nulles, On placera l'échantillon dans une enceinte cylindrique empêchant toutes déformations latérales lors d'un chargement par pallier[6].

IV- MODE OPERATOIRE DE L'ESSAI OEDOMETRIQUE :

L'essai œdométrique consiste à soumettre l'échantillon à une série de pressions verticales, et ensuite suivre l'évolution des déformations verticales du matériau dans le temps, sous une surcharge donnée, à l'aide de capteur (LVDT), déduisant ainsi, des paramètres pouvant être déduits de l'essai œdométrique réalisé sur des échantillons non remaniés.

La mesure du tassement vertical se réalise avec un capteur (numérique LVDT) connecté à une acquisition de données pour enregistrer les valeurs et construire les courbes directement sur le SD CARD.

Dans l'approche automatique de l'essai, les procédures sont asservies via un logiciel d'application sous un environnement convivial Windows. Un PC gère en permanence les consignes et établit en temps réel les tableaux et graphes recherchés.

1. Commencer le cycle de chargement en plaçant successivement sur le plateau les poids fendus 1 ; 2 ; 3 ; 5 ; 10 ; 20 ; 40 kg. Noter après chaque application de charge, le tassement) en fonction du temps jusqu'à stabilisation du capteur(LVDT)
2. Effectuer ensuite le cycle de déchargement suivant le même processus jusqu'à 5 kg.
3. Puis effectuer à nouveau un cycle de chargement jusqu'à 80 kg
4. Démonter puis peser immédiatement l'éprouvette de sol. Déterminer sa teneur en eau.
5. Nettoyer le moule.

CHAPITRE 3



Data logger d'un essai de consolidation

I. INTRODUCTION :

Arduino est une plateforme électronique open-source qui a connu une immense popularité dans le domaine des projets DIY (Faites-le vous-même), du prototypage et des environnements éducatifs. Elle se compose d'une carte microcontrôleur programmable et d'un environnement de développement intégré (IDE) qui permet aux utilisateurs d'écrire et de télécharger du code pour contrôler divers composants électroniques.

L'une des applications largement utilisées d'Arduino est dans l'enregistrement de données, où il sert de cœur à un système de journalisation des données. Un enregistreur de données est un appareil utilisé pour enregistrer et stocker des données provenant de divers capteurs ou sources d'entrée sur une période prolongée. Il est couramment utilisé dans la recherche scientifique, la surveillance environnementale, les processus industriels et d'autres applications nécessitant une collecte continue de données.

En combinant Arduino avec des capteurs appropriés, des modules de mémoire et des interfaces de communication, les utilisateurs peuvent créer des solutions de journalisation des données polyvalentes et personnalisables. La flexibilité d'Arduino lui permet de se connecter à une large gamme de capteurs tels que la température, l'humidité, la pression, la lumière, etc., ce qui permet de capturer différents types de données. Les capacités de programmation d'Arduino permettent aux utilisateurs de mettre en œuvre des algorithmes de journalisation personnalisés et des routines de traitement des données. L'IDE Arduino fournit un environnement convivial pour écrire du code dans un langage similaire au C/C++ et le télécharger sur la carte Arduino. Cela permet une acquisition en temps réel des données, leur analyse et leur stockage en fonction des besoins spécifiques.

L'intégration d'Arduino avec des capacités de journalisation des données permet aux utilisateurs de collecter et de stocker des données provenant de différentes sources dans une mémoire non volatile, telle que des cartes SD ou des EEPROM. Cela garantit l'intégrité des données même en cas de perte de courant ou de déconnexion.

La facilité d'utilisation, la polyvalence et la nature open-source d'Arduino en font une plateforme idéale pour créer des enregistreurs de données adaptés à des applications spécifiques. Que ce soit pour la recherche scientifique, la surveillance environnementale ou des projets personnels, Arduino offre une solution accessible et flexible pour répondre aux besoins de la journalisation des données.

II. MATÉRIEL UTILISÉ :

1. Arduino uno :

L'Arduino Uno est une carte microcontrôleur open-source basée sur le microcontrôleur Microchip ATmega328P et développée par Arduino.cc . La carte est équipée de jeux de broches d'entrée/sortie (E/S) numériques et analogiques qui peuvent être interfacées avec diverses cartes d'extension (shields) et autres circuits. La carte dispose de 14 broches d'E/S numériques (dont six capables de sortie PWM), de 6 broches d'E/S analogiques et peut être programmée avec l'environnement de développement intégré Arduino IDE via un câble USB de type B. Elle peut être alimentée par le câble USB ou par une pile externe de 9 volts, bien qu'elle accepte des tensions entre 7 et 20 volts. Elle est également similaire à l'Arduino Uno et Leonardo. Un bon exemple du microcontrôleur Arduino uno est présenté dans la Figure 1.

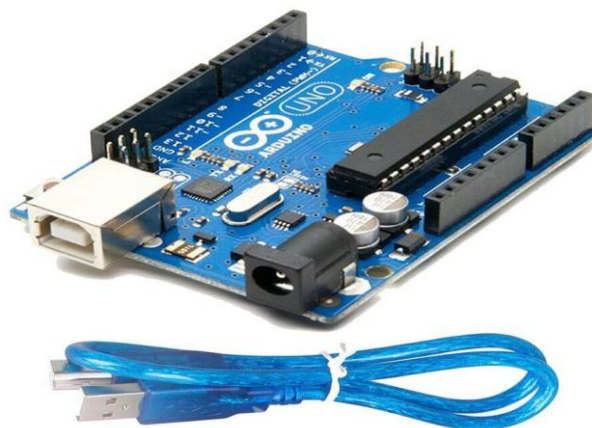


Figure (1) : Arduino Uno

Le mot "Uno" signifie "un" en italien et a été choisi pour marquer la première version du logiciel Arduino. La carte uno est la première d'une série de cartes Arduino basées sur l'USB ; elle et la version 1.0 de l'IDE Arduino étaient les versions de référence d'Arduino, qui ont maintenant évolué vers des versions plus récentes. Le ATmega328 sur la carte est préprogrammé avec un chargeur d'amorçage qui permet de télécharger un nouveau code sans utiliser de programmeur matériel externe. Bien que le uno communique en utilisant le protocole STK500 d'origine, il diffère de toutes les cartes précédentes en ce sens qu'il n'utilise pas la puce de pilote FTDI USB vers série. À la place, il utilise l'Atmega16U2 (Atmega8U2 jusqu'à la version R2) programmé en tant que convertisseur USB vers série[8],[7].

1

2. Capteur tr-0010 novotechnik (LVDT sensor) :

B.1 Qu'est-ce qu'un LVDT ?

Un LVDT est un dispositif électromécanique utilisé pour convertir un mouvement mécanique ou des vibrations, en particulier un mouvement rectiligne, en courant électrique variable, en tension ou en signaux électriques, et inversement. Mécanismes de commande principalement utilisés pour les systèmes de commande automatiques ou comme capteurs de mouvement mécaniques dans les technologies de mesure. La classification des transducteurs électromécaniques comprend des principes de conversion ou des types de signaux de sortie.

B.2 tr-0010 novotechnik

Le TR-0010 est un produit fabriqué par Novotechnik, un fournisseur leader de technologies de détection de position. Le TR-0010 est un transducteur de position linéaire conçu pour mesurer avec précision le déplacement ou la position linéaire. Il est couramment utilisé dans diverses applications industrielles telles que la robotique, l'automatisation et les systèmes de contrôle de mouvement.



Figure (2) : Capteur LVDT

Le TR-0010 utilise une technologie de détection magnétostrictive sans contact pour réaliser des mesures de position précises et fiables. Il se compose d'un aimant mobile qui génère un champ magnétique et d'un aimant de position fixé à l'objet en mouvement. Lorsque l'aimant de position se déplace le long de l'élément de détection du transducteur, il induit une onde de contrainte de torsion. Cette onde de contrainte est détectée et convertie en un signal électrique par le transducteur.

Le TR-0010 offre une grande précision et résolution, ce qui le rend adapté aux applications nécessitant un contrôle précis de la position. Il dispose d'une large plage de mesure et est capable de résister à des conditions environnementales difficiles telles que les variations de température et

1
les vibrations. Le transducteur fournit des signaux de sortie analogiques, généralement une tension ou un courant proportionnel à la position mesurée, ce qui permet une intégration facile avec les systèmes de contrôle.

le TR-0010 de Novotechnik est un transducteur de position linéaire fiable et polyvalent qui permet une détection précise et efficace de la position dans diverses applications industrielles.

3. LCD 16x2 :

LCD 16x2 est l'abréviation de "Liquid Crystal Display 16 caractères sur 2 lignes". Il s'agit d'un type d'afficheur à cristaux liquides (LCD) qui peut afficher jusqu'à 16 caractères sur 2 lignes. Les écrans LCD 16x2 sont couramment utilisés dans les applications électroniques pour afficher des informations telles que du texte, des nombres et des symboles. Ils sont largement utilisés dans les produits électroniques grand public tels que les lecteurs MP3, les téléphones portables, les calculatrices et les appareils domestiques.

LCD avec I2C

LCD 16x2 avec I2C, ou I2C LCD 16x2, désigne un écran LCD 16 caractères sur 2 lignes qui utilise la communication I2C (Inter-Integrated Circuit). I2C est un protocole de communication série utilisé pour connecter différents composants électroniques sur un même bus. Dans le cas d'un LCD 16x2 avec I2C, l'écran est équipé d'un module I2C qui permet de le connecter facilement à d'autres périphériques compatibles avec ce protocole.

Grâce à l'utilisation de l'I2C, l'écran LCD 16x2 devient plus simple à utiliser et nécessite moins de broches de connexion sur le microcontrôleur ou la carte de développement. Au lieu de câbler chaque broche individuellement, l'écran LCD 16x2 avec I2C se connecte généralement à deux broches spécifiques du microcontrôleur, généralement appelées SDA (Serial Data) et SCL (Serial Clock).

L'utilisation d'un écran LCD 16x2 avec I2C facilite l'intégration de l'affichage dans des projets électroniques, car elle permet une connexion rapide et simplifiée entre le microcontrôleur et l'écran LCD, sans avoir à gérer les détails de communication de bas niveau.

1

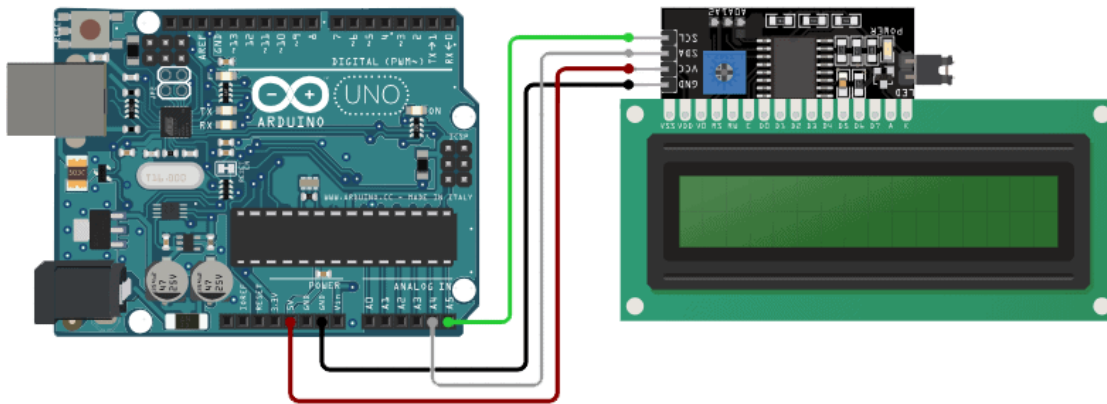


Figure (3) : LCD avec I2C

4. RTC :

RTC, ou Real-Time Clock en anglais, désigne une horloge temps réel. Dans le contexte d'Arduino, il fait référence à un module ou une puce électronique utilisée pour mesurer le temps avec précision et garder une trace de l'heure même lorsque l'alimentation est coupée.

Un module RTC Arduino est généralement équipé d'une puce RTC, telle que la DS1307 ou la DS3231, qui inclut un oscillateur cristallin pour une précision accrue. Le module est connecté à l'Arduino via un bus de communication, tel que l'I2C ou le SPI, et communique les informations de date et d'heure à l'Arduino.

L'utilisation d'un module RTC Arduino permet d'obtenir des informations précises sur l'heure, la date et même les jours de la semaine. Cela est particulièrement utile dans les projets qui nécessitent des horaires précis, des systèmes de minuterie, des enregistrements de données temporelles ou des fonctions de contrôle basées sur l'heure.

Avec une bibliothèque appropriée installée sur l'IDE Arduino, il est relativement simple d'initialiser et de configurer un module RTC Arduino, puis d'accéder aux informations de date et d'heure pour les utiliser dans le code de votre projet[9] .

1

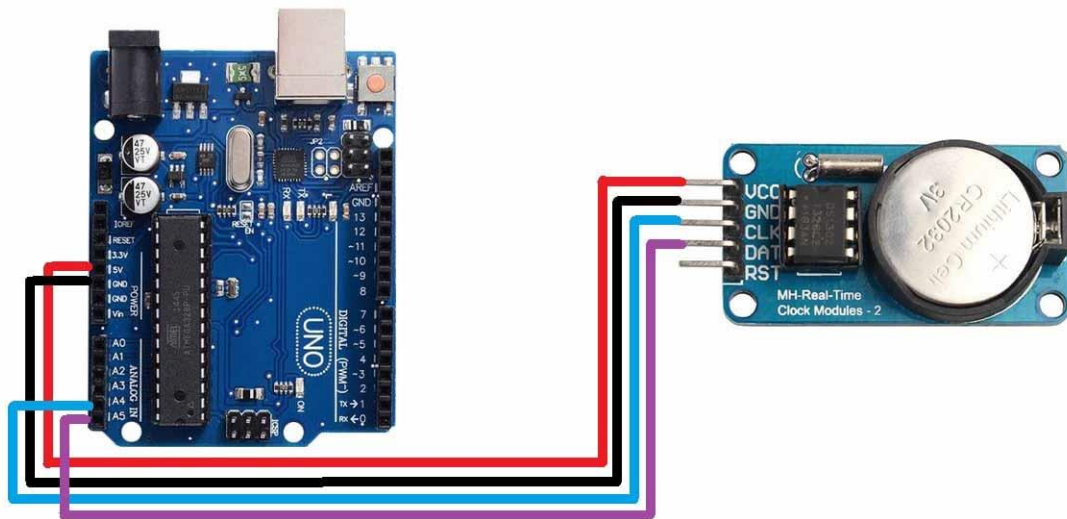


Figure (4) : RTC connecte a arduino

1

5. SD CARD Module :

Un module de carte SD est un dispositif qui permet d'utiliser des cartes Secure Digital (SD) avec d'autres systèmes électroniques. Les cartes SD sont largement utilisées dans des appareils électroniques portables tels que les appareils photo numériques, les smartphones et les ordinateurs portables pour stocker et transférer des données.

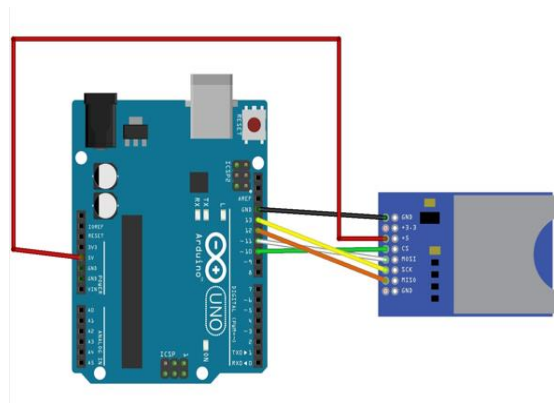


Figure 5 : SD CARD MODULE

Le module de carte SD comprend généralement un emplacement ou une fente dans laquelle la carte SD peut être insérée. Il comprend également des composants électroniques tels que des régulateurs de tension, des convertisseurs de niveau et des interfaces de communication pour faciliter la connexion entre la carte SD et le système hôte.

Le module est conçu pour simplifier l'intégration de la fonctionnalité de la carte SD dans un système. Il gère les détails de bas niveau de la lecture et de l'écriture sur la carte SD, y compris la gestion du système de fichiers et des protocoles de transfert de données. Cela permet au système hôte d'interagir avec le module de carte SD à l'aide d'une interface plus simple et standardisée, telle que SPI (Interface Périphérique Série) ou I2C (Circuit Intégré Inter-Inter).

Les modules de carte SD sont couramment utilisés dans les systèmes embarqués, la robotique et les projets DIY où un stockage externe est nécessaire. Ils offrent un moyen pratique et fiable d'ajouter des capacités de stockage extensible aux appareils qui ne disposent pas de logements de carte SD intégrés ou qui nécessitent un stockage supplémentaire par rapport à leur capacité interne. Il convient de noter qu'il existe différents types et tailles de cartes SD, tels que les SD standard, microSD et miniSD. Les modules de carte SD peuvent prendre en charge un ou plusieurs de ces types de cartes, selon leur conception et leur utilisation prévue.

1

Caractéristiques :

Prise en charge des cartes Micro SD, des cartes Micro SDHC (cartes haute vitesse) Circuit de conversion de niveau intégré, c'est-à-dire que le niveau d'interface peut être de 5V ou 3,3V L'alimentation est de 4,5V à 5,5V, avec un régulateur de tension 3,3V sur la carte L'interface de communication est une interface SPI standard 5,4 trous de vis de positionnement M2 pour une installation facile Interface de contrôle : Un total de six broches (GND, VCC, MISO, MOSI, SCK, CS), GND pour la mise à la terre, VCC pour l'alimentation, MISO, MOSI, SCK sont les broches du bus SPI, CS est la broche de sélection de puce ; Circuit régulateur de tension 3,3V : Régulateur LDO pour la puce convertisseur de niveau avec sortie 3,3V, alimentation de la carte Micro SD ; Circuit de conversion de niveau : Convertit la direction du signal de la carte Micro SD en 3,3V, l'interface de la carte Micro SD contrôle la direction des signaux MISO qui sont convertis en 3,3V, les systèmes de microcontrôleur AVR généraux peuvent lire le signal ; Trous de positionnement : 4 trous de vis de positionnement M2 avec un diamètre de 2,2 mm, facilitant l'installation du module de positionnement et permettant une combinaison entre les modules.

Spécifications :

- Tension d'alimentation VCC : 4,5 - 5,5V
- Courant électrique : 0,2 - 200 mA
- Niveau d'interface : 3,3V ou 5V
- Types de cartes pris en charge : Carte Micro SD (≤ 2 Go), cartes Micro SDHC (≤ 32 Go)
- Taille : 42X24X12 mm
- Poids : 5g

1

III. DÉVELOPPEMENT DE L'ENREGISTREUR DE DONNÉES:

La figure 1 montre le diagramme fonctionnel du dispositif d'enregistrement de données proposé, qui se compose d'un microcontrôleur, d'une carte SD, d'une horloge en temps réel (RTC) et de capteurs.

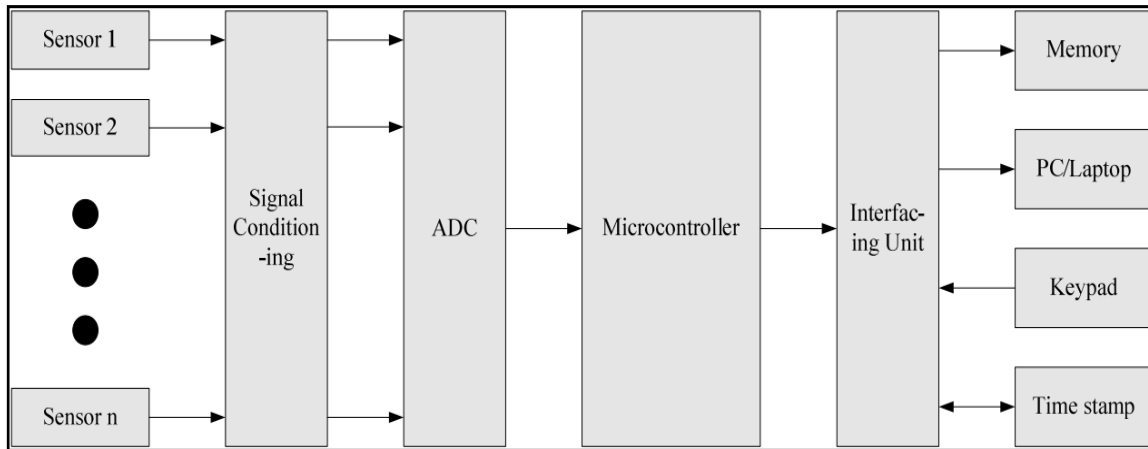


Figure 6 :Schéma fonctionnel de l'enregistreur de données proposé.

1. Microcontroller :

Dans ce dispositif d'enregistrement de données proposé, l'Atmel ATmega 2560 a été choisi comme microcontrôleur principal en se référant aux critiques passées d'autres chercheurs. Selon [24, 25], il est nécessaire d'avoir un microcontrôleur à la fois performant et peu gourmand en énergie pour construire un système rapide et peu coûteux, et il a été choisi par de nombreux chercheurs pour leurs recherches. Les éléments importants que le microcontrôleur possède sont un convertisseur analogique-numérique (CAN) stable et un récepteur et émetteur série synchrone et asynchrone universel (USART). De plus, le grand nombre d'entrées/sorties (E/S) de l'ATmega 2560 a incité de nombreux chercheurs à le choisir par rapport à d'autres cartes. Comme le mentionne , l'ATmega 2560 contribue de manière incroyable dans les applications de contrôle électronique telles que l'enregistrement de données, les systèmes d'acquisition de données, et bien d'autres, car il est connu pour être une puce économique et extrêmement flexible parmi les concepteurs de circuits électriques. De plus, la puce est toujours considérée comme un microcontrôleur haute performance, ce qui est totalement soutenu par de nombreux autres chercheurs pour obtenir de grandes performances dans leurs recherches [10, 11, 12,]. De plus, en exécutant des instructions puissantes en une seule instruction, la puce atteint des débits d'environ 1 MIPS par MHz, ce qui équilibre la consommation d'énergie et la vitesse de traitement .

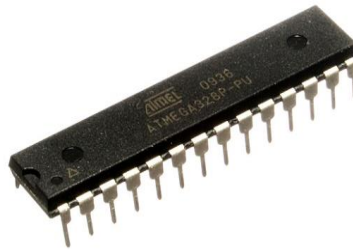


Figure 7 : Microcontroller ATmega 2560

2. Horodatage :

Pour ce prototype d'enregistreur de données, une carte RTC (Real Time Clock) PROTO a été choisie dans le but de fournir un horodatage. Ce produit a été fabriqué par MikroElektronika© et il comprend le PCF8583, qui est une puce de calendrier et d'horloge avec une interface I2C. L'une des fonctionnalités offertes par la puce est sa capacité à gérer l'heure actuelle même lorsque le microcontrôleur ne fonctionne pas. L'horloge en temps réel est alimentée par une batterie particulière qui n'est pas connectée à l'alimentation principale. Ainsi, la date et l'heure de chaque donnée ne seront pas affectées lorsque l'alimentation est déconnectée du circuit. Deux résistances de tirage de 10k sont placées entre les broches SCL et SDA du PCF8583 et les broches de l'ATmega 2560. Ces résistances de tirage sont nécessaires pour assurer un fonctionnement fluide du bus I2C[13].

3. Stockage de données :

Une carte SD de 8 Go chacune sont utilisées pour stocker toutes les données reçues des capteurs. La raison de choisir seulement deux cartes SD est de tester la capacité de stockage de mémoire de l'enregistreur de données pour couvrir l'ensemble du processus de journalisation et de stockage[14]. Bien sûr, il est possible de placer autant de cartes SD que nécessaire dans l'enregistreur de données en raison de ses broches d'interface série périphérique (SPI) qui peuvent être partagées avec de nombreux esclaves, à condition que la broche numérique de sélection de puce (CS/SS) soit suffisante dans le microcontrôleur.

1

IV. DÉVELOPPEMENT DE LOGICIELS :

L'environnement de développement intégré (IDE) Arduino est un logiciel open-source utilisé pour programmer et développer des projets basés sur les cartes Arduino. Il fournit un ensemble d'outils et de fonctionnalités qui facilitent la création de code pour les microcontrôleurs Arduino.

L'IDE Arduino est conçu pour être convivial et accessible, même pour les débutants en programmation. Il offre une interface graphique intuitive qui permet de créer, modifier et téléverser facilement du code sur les cartes Arduino.

L'IDE Arduino prend en charge un langage de programmation basé sur le C/C++, avec des fonctions spécifiques et une bibliothèque étendue pour faciliter la manipulation des broches d'E/S, la communication série, la gestion du temps, les opérations mathématiques, etc.

L'IDE Arduino offre également des fonctionnalités telles que la coloration syntaxique, l'autocomplétion, la vérification du code, la gestion des bibliothèques, le débogage, la simulation et la visualisation des données. Il permet également d'accéder à une vaste communauté d'utilisateurs où il est possible de partager des projets, poser des questions et trouver des réponses.

Grâce à l'IDE Arduino, les développeurs peuvent rapidement prototyper et réaliser une variété de projets, tels que des objets connectés, des systèmes de contrôle, des robots, des capteurs, des interfaces utilisateur, des jeux interactifs, et bien d'autres encore. Il est largement utilisé dans les domaines de l'électronique, de l'ingénierie, de l'éducation et du bricolage.

L'environnement de développement intégré Arduino est un outil puissant et convivial pour programmer et développer des projets basés sur les cartes Arduino, offrant une multitude de fonctionnalités et une communauté active pour soutenir les utilisateurs.

1

```

1  #include <Keypad.h>
2  #include <Wire.h>
3  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
4  #include <SPI.h>
5  #include <SD.h>
6  File Data;
7  // Set the LCD address to 0x27 for a 16 chars and 2 line display
8  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
9  String pad;
10 const byte numRows = 4;
11 const byte numCols = 4;
12 String password = "4321";
13 char keypressed;
14 char keymap[numRows][numCols] =
15 {
16   {'1', '2', '3', 'A'},
17   {'4', '5', '6', 'B'},
18   {'7', '8', '9', 'C'},
19   {'*', '0', '#', 'D'}
20 };
21 //-----
22 byte rowPins[numRows] = {10, 9, 8, 7};
23 byte colPins[numCols] = {6, 5, 3, 2};
24 Keypad myKeypad = Keypad(makeKeymap(keymap), rowPins, colPins, numRows, numCols); //mapping keypad
25 void setup() {
26   // initialize serial communication at 9600 bits per second:
27   Serial.begin(9600);
28   // initialize the LCD
29   lcd.begin(16, 2);
30
31   // Turn on the backlight and print a message.
32   lcd.backlight();
33   Serial.print("Initializing SD card...");
34
35   if (!SD.begin(4)) {
36     Serial.println("initialization failed!");

```

Output Serial Monitor

```

| Not used: C:\Users\W\OneDrive\Documents\Arduino\libraries\LiquidCrystal_I2C-1.1.2
Using library Keypad at version 3.1.1 in folder: C:\Users\W\OneDrive\Documents\Arduino\libraries\Keypad
Using library Wire at version 1.0 in folder: C:\Users\W\AppData\Local\Arduino15\packages\arduino\hardware\avr\1.8.6\libraries\Wire
Using library LiquidCrystal I2C at version 1.1.2 in folder: C:\Users\W\OneDrive\Documents\Arduino\libraries\LiquidCrystal_I2C
Using library SPI at version 1.0 in folder: C:\Users\W\AppData\Local\Arduino15\packages\arduino\hardware\avr\1.8.6\libraries\SPI
Using library SD at version 1.2.4 in folder: C:\Users\W\AppData\Local\Arduino15\libraries\SD
"C:\Users\W\AppData\Local\Arduino15\packages\arduino\tools\avr-gcc\7.3.0-atmel3.6.1-arduino7/bin/avr-size" -A "C:\Users\
Sketch uses 17758 bytes (55%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 1395 bytes (68%) of dynamic memory, leaving 653 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

```

Figure (8) : programme Un codage pour l'enregistreur de données proposé

1

V. Dispositif d'enregistrement de données propose :

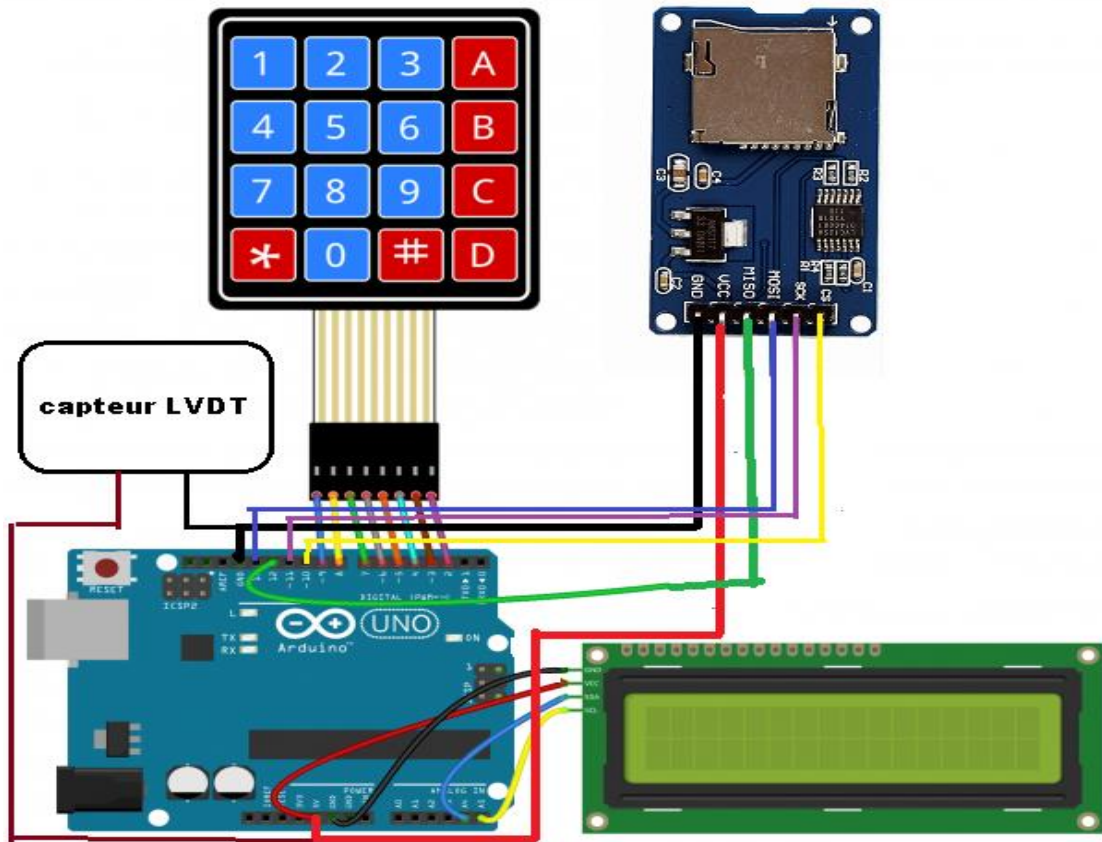


Figure 9 : Le schéma électrique du dispositif d'enregistrement de données proposé connecté au LVDT pour les tests.

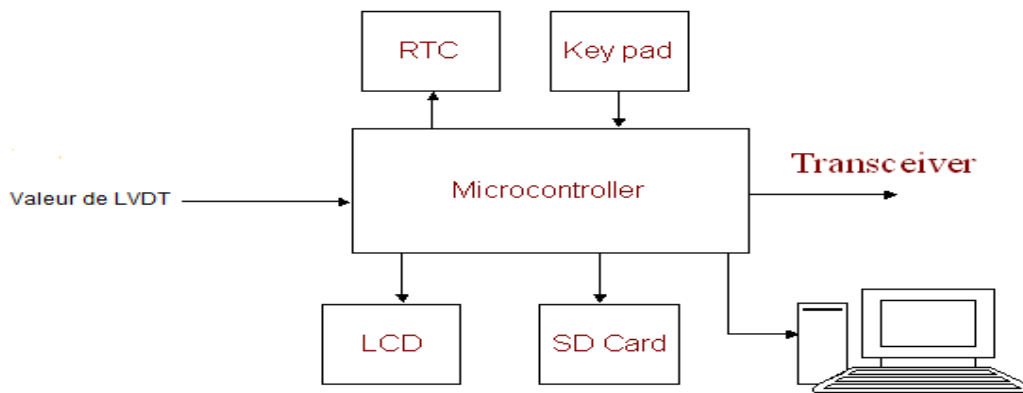


Figure 10 : le diagramme fonctionnel du dispositif d'enregistrement de données proposé

1

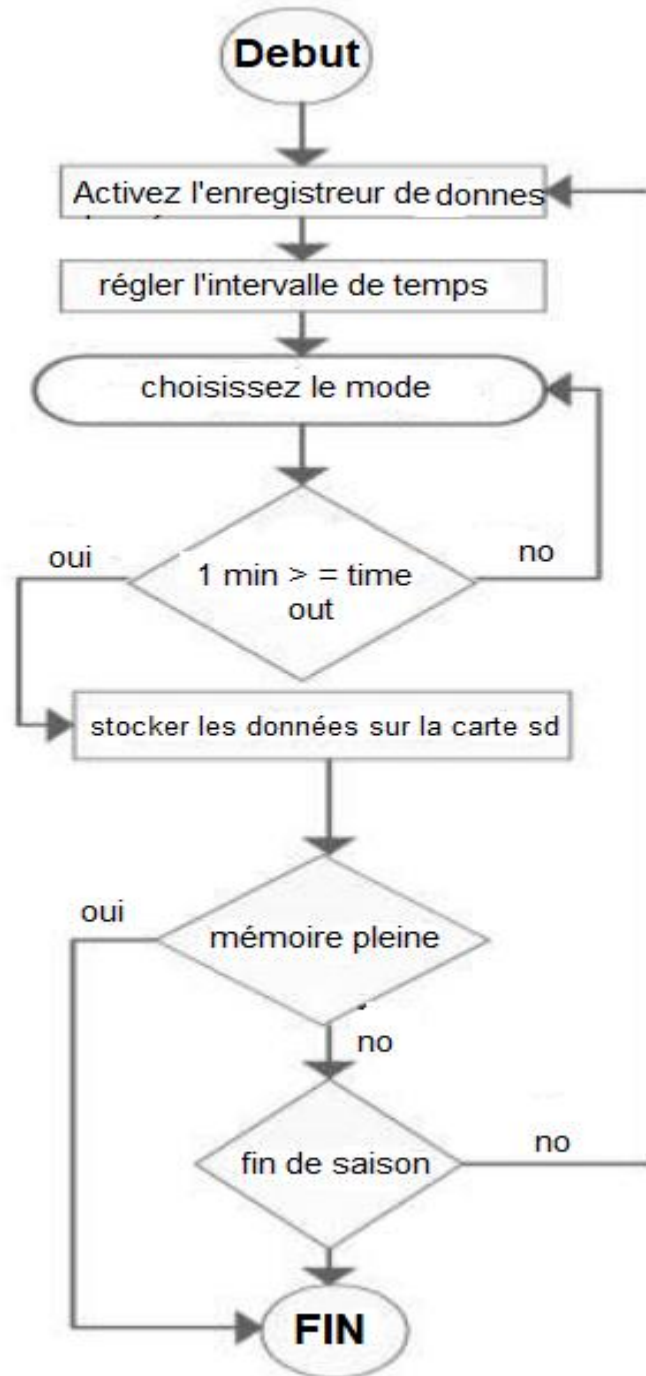


Figure 11 : organigramme

1

Fiche technique :

Mode d'emploi de la machine :

Design de la BOITIER :

Le Design de la boite se fait avec l'application solid works et imprimer avec la machine 3d.

Comment alimenter l'appareil:

1. Vous pouvez alimenter L'ARDUINO avec alimentation de 5v ou par pc
2. Ajuster le CAPTEUR LVDT
3. Placer le CAPTEUR LVDT a l'alimentation de 220v
4. Verifier Si la CART MEMOIRE et placer sur le SD CARD Module
5. Verifier Si le LCD et allumé

Comment fonction l'appareil (programmation) :

- 1) Si le SD CARD et placer le LCD affiche TESTING DONE, Si non le LCD affiche PUT THE SD CARD.
- 2) -Cliquer 1 sur le clavier pour chaque 500ms LCD affiche le DH sans mémoriser dans le SD CARD.
-Cliquer 2 sur le clavier pour chaque minute LCD affiche le DH et mémoriser sur le SD CARD.
-Cliquer sur 3 pour effacer le fichier précédent
-Cliquer sur 4 pour l'appareil mais en pause et l'opérateur charger ou décharger
- 3) Après 24h l'opérateur prend le SD CARD pour récupérer toutes les données de tassement pour chargements ou déchargements.
- 4) Copier les donnes dans fichier Excel pour tracer les graphes.

1

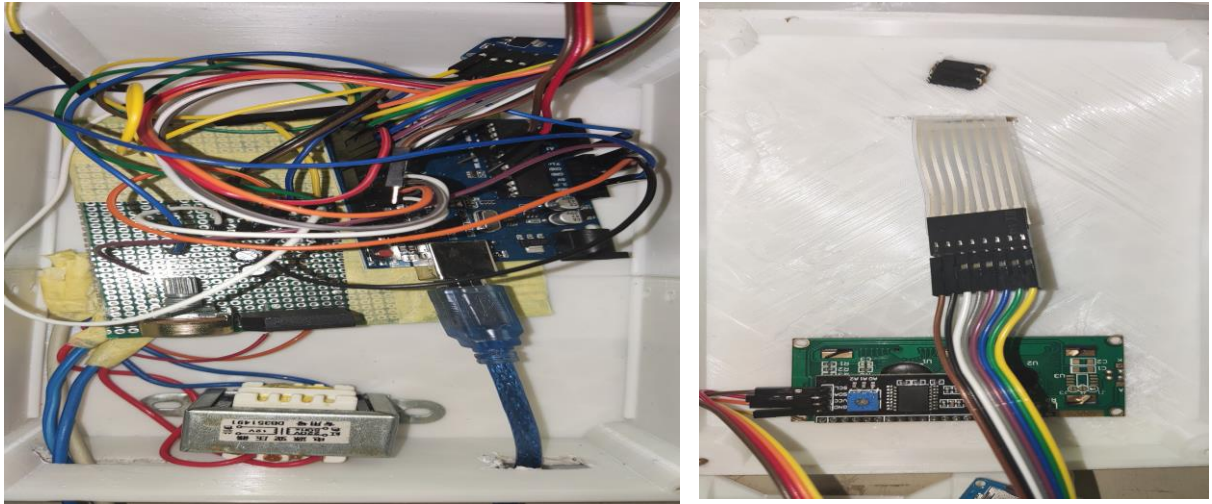


Figure (12) : l'intérieur de l'appareil



Figure(13) : la face avant de l'appareil

1



Figure(14)= pièce 3d imprimable

VI. RÉSULTATS ET DISCUSSION :



Figure 15 : l'appareil oedométrique

1



Figure 16 : l'appareil oedométrique avec le dispositif proposé

1

LES RÉSULTATS :

Tableaux 1 : Données du ' data logger'

Temps	Δh
0,25	26,68
0,5	30
1	37,25
2	41,54
4	44,48
8	50
16	58,27
30	73,8
60	98,26
120	144,18
240	196
480	220,88
1440	252,35

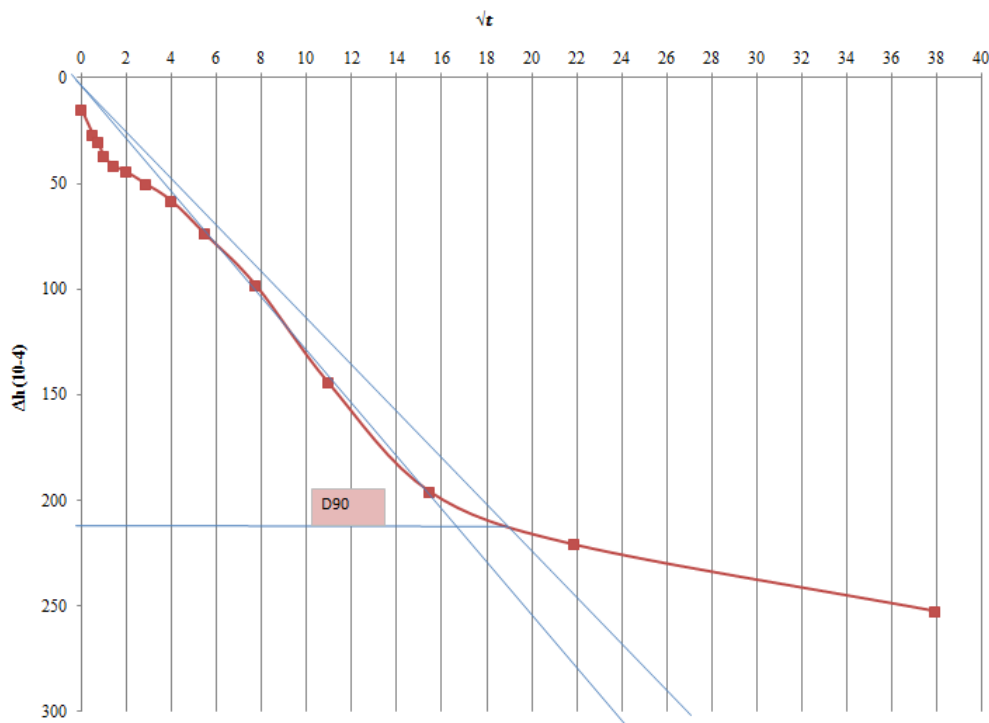


Figure (17) : graphe de tassement par méthode de Taylor

1

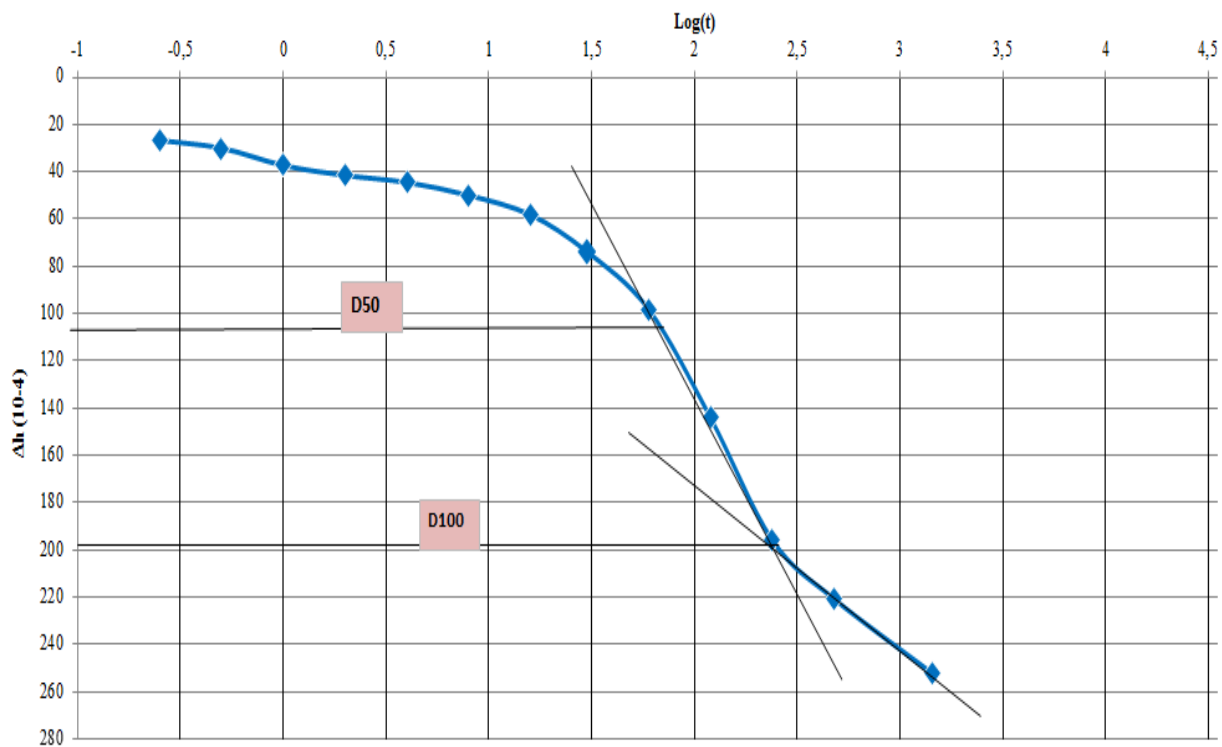


Figure (18) : graphe de tassement par méthode de Casagrande

Conclusion General

En conclusion, les enregistreurs de données se sont révélés être très efficaces et utiles par rapport aux méthodes manuelles dans diverses applications. Voici quelques points clés mettant en évidence leurs avantages :

1-Précision et précision : Les enregistreurs de données offrent des mesures précises et précises, minimisant les erreurs et les incohérences humaines qui peuvent survenir avec les méthodes manuelles. Ils peuvent fournir un enregistrement continu et en temps réel des données, garantissant un ensemble de données plus fiable et cohérent.

2-Gain de temps et efficacité : Les enregistreurs de données permettent de gagner un temps considérable et de réduire les efforts en automatisant le processus de collecte de données. Ils peuvent être programmés pour collecter des données à des intervalles spécifiques ou en fonction de conditions déclenchantes, éliminant ainsi la nécessité d'une surveillance et d'un enregistrement manuels.

3-Surveillance à distance : Les enregistreurs de données permettent la surveillance à distance de variables environnementales ou de processus, permettant la collecte de données à partir de lieux inaccessibles ou dangereux. Cette fonctionnalité est particulièrement précieuse dans les situations où la présence humaine constante est impraticable ou dangereuse.

4-Analyse et visualisation des données : Les enregistreurs de données sont souvent accompagnés de logiciels ou de plateformes permettant l'analyse et la visualisation des données. Ces outils facilitent l'interprétation, l'analyse des tendances et l'identification de modèles ou d'anomalies dans les données collectées.

5-Rentabilité : Bien que les enregistreurs de données puissent avoir un coût initial, leur rentabilité à long terme dépasse celle des méthodes manuelles. Ils nécessitent une implication humaine minimale et peuvent fonctionner pendant de longues périodes, réduisant ainsi les coûts de main-d'œuvre et les erreurs potentielles associées à la collecte manuelle de données.

6-Amélioration de la qualité des données : Les enregistreurs de données peuvent capturer des données avec une résolution et une fréquence plus élevées, permettant ainsi la collecte de jeux de données plus détaillés et complets. Ces informations plus riches peuvent conduire à une analyse

plus précise, à une meilleure prise de décision et à une meilleure compréhension du système surveillé.

Dans l'ensemble, les enregistreurs de données offrent une gamme d'avantages, notamment une précision accrue, une efficacité accrue, des capacités de surveillance à distance, un support d'analyse des données, une rentabilité et une amélioration de la qualité des données. Ces avantages font des enregistreurs de données un outil précieux dans différents domaines, tels que la surveillance environnementale, la recherche, les processus industriels et le contrôle qualité.

Annexe

BMC ET BMC ANNEXE

INTRODUCTION:

"BMC" se réfère généralement au Business Model Canvas. Le Business Model Canvas est un outil de gestion stratégique utilisé pour visualiser et développer un modèle d'entreprise. Il offre un cadre structuré pour analyser divers aspects d'une entreprise, tels que sa proposition de valeur, ses segments de clientèle, ses sources de revenus, ses activités clés, ses ressources et ses partenariats, entre autres.

Le Business Model Canvas aide les start-ups et les entrepreneurs à cartographier leur idée d'entreprise et à identifier les composantes essentielles à leur réussite. Il favorise une vision globale du modèle d'entreprise et facilite les discussions et la prise de décision concernant les éléments clés et leurs interrelations.

En remplissant le canevas, les start-ups peuvent mieux comprendre leur modèle d'entreprise, identifier les risques potentiels et les opportunités, et affiner leurs stratégies en conséquence. Il sert d'outil utile pour la réflexion, la planification et la communication du modèle d'entreprise aux parties prenantes, aux membres de l'équipe et aux investisseurs potentiels.

Le Business Model Canvas (BMC) est d'une importance capitale pour les start-ups. Voici quelques raisons :

1-Visualisation claire : Le BMC offre une représentation visuelle claire et concise des principaux composants d'un modèle d'entreprise. Il permet aux fondateurs et aux équipes de start-up de comprendre la structure globale et les interdépendances de leur idée d'entreprise.

2-Prise de décision stratégique : En remplissant le canevas, les start-ups peuvent analyser de manière systématique chaque élément de leur modèle d'entreprise. Ce processus leur permet de prendre des décisions éclairées concernant leur proposition de valeur, leur clientèle cible, leurs sources de revenus et leur structure de coûts. Cela les aide à identifier les risques potentiels et à concevoir des stratégies pour les atténuer.

3- Communication et alignement : Le BMC sert de langage commun qui facilite la communication et l'alignement au sein de l'équipe de start-up. Il permet à tous les membres impliqués de partager une compréhension commune du modèle d'entreprise et de ses différents composants, favorisant ainsi la collaboration et le travail d'équipe.

4- Adaptabilité et itération : Les start-ups doivent souvent itérer et pivoter leur modèle d'entreprise en fonction des retours, des informations du marché ou des circonstances changeantes. Le BMC offre un cadre flexible qui permet des modifications et des ajustements faciles du modèle d'entreprise sans perdre de vue la stratégie globale.

5-Engagement des investisseurs et des parties prenantes : Le BMC est un outil précieux pour présenter la start-up aux investisseurs potentiels et aux parties prenantes. Il permet d'articuler clairement les principaux éléments du modèle d'entreprise, de démontrer la viabilité et le potentiel de croissance de la start-up, et d'engager des discussions plus approfondies avec les investisseurs intéressés.

Tableau:

		Conçu pour:		Conçu par:		Date:		
Business Model Canvas		Belghali mohamed Elamine		Bahi nabila		01/07/2023		
Partenaires clés	Activités Clés	Propositions de valeur	Relation Client	Clients				
<ul style="list-style-type: none"> -Université de Mostaganem -Laboratoire fablab -Dzouino renlia mostaganem -Experts et professionnels du domaine scientifique et technologique 	<ul style="list-style-type: none"> -Fabrication et conception d'un appareillage développé -Création d'un logiciel développé -Activité de juste time -Coût réduit -Minimisation du délai -Le transfert en temps réel des données -L'impression instantané de rapports d'essais 	<ul style="list-style-type: none"> -Facile a manipuler -Faciliter le travail a l'opérateur -Gain du temps -Coûts réduits -Resultas accélérés -Le transfert en temps réel des données -Grande précision et utilisation simple 	<ul style="list-style-type: none"> -Relient -Client-opérateur -Réponse aux clients pour les normes de consolidation des sols -Clients de Logiciel d'acquisition et de traitement de données -Client -Technologie innovante et Améliorée -Contrat de fidélité -La maintenance 	<ul style="list-style-type: none"> -Universités -Bureaux d'études de génie civile -Bureaux d'étude de géotechnique -Entreprise de génie civile -chercheurs 				
Ressources clés								
<ul style="list-style-type: none"> -Financières -Matériel -Humain -Financement de l'université de Mostaganem -Brevet de fabrication -Autofinancement partiel -Emprunts 								
Canaux								
<ul style="list-style-type: none"> -Livraison directe -Distribution directe -Internet par cite web -Les réseaux sociaux facebook -Les salons et les conférence 								
Coûts		<ul style="list-style-type: none"> -Coûts de création de la chaine et la carte d'acquisition des données -Coût du processeur -Coûts des composants électroniques et électriques -Coûts de fabrication -Coûts du design -Coûts de publicité -Coûts de travail -Coûts de maintenance 		Revenus		<ul style="list-style-type: none"> -Suite le coût réduit de production du datalogger, nous constatons d'avance l'aisance d'achat de cet appareil à savoir les coûts élevés d'autres machines ainsi que les services résultats de ces machines. -Le prix de cet appareil varie du point de vue de l'offre et de la demande ainsi que du coût de fabrication. 		

BMC ANNEXE

Fiche technique du projet

البطاقة التقنية للمشروع ■

Belghali Mohamed el amine Bahi Nabila	الاسم و اللقب Votre prénom et nom Your first and last Name
ANtech	الاسم التجاري للمشروع Intitulé de votre projet Title of your Project
0549896657 0662637056	رقم الهاتف Votre numéro de téléphone Your phone number
Antechno27@gmail.com	البريد الالكتروني Votre adresse e-mail Your email address
Mostaganem_mostaganem	مقر مزاولة النشاط (الولاية- البلدية) Votre ville ou commune d'activité Your city or municipality of activity
Master 2 électronique de systems embarqué	التخصص Spécialité
AN Technology	Page facebook

Le produit est de nature service

Les couts:

Personnel	frais
Techniciens de laboratoire	50000,00DA
Ingénieurs de électronique	160000,00DA
Personnel administratif	40000,00DA
Ingénieurs informatique	80000,00DA
Ingénieurs de génie civil	80000,00DA
Total	410000,00DA

Prototype:

<i>Matériel</i>	<i>qts</i>	<i>Prix Unitaire</i>	<i>frais</i>
Arduino uno	01	5000,00DA	5000,00DA
Capteur LVDT	01	90000,00DA	90000,00DA
transformateur	01	500,00DA	500,00DA
capaciteur	01	400,00DA	400,00DA
Sd card	01	350,00DA	350,00DA
Les cables	25	20,00DA	500,00DA
clavier	01	300,00 DA	300,00 DA
Cart mémoire	01	500,00DA	500,00DA
Diode	01	150,00DA	150,00DA
horloge	01	2500,00DA	2500,00DA
Un carte PCB imprime	01	1200,00DA	1200,00DA
Cable alimentation	01	400,00DA	400,00DA
Bouton pousseur	01	15 ,00DA	15,00DA
Les résistances	06	5,00DA	30 ,00DA
Prise de courant	01	10,00DA	10,00DA
lcd	01	750,00DA	750,00DA
Total	-	-	102605,00DA

<i>Matériel</i>	<i>Frais</i>
Appareil de soudure	2300,00DA
Multimètre	2650,00DA
Imprimante 3D	80000,00DA
électricité	3000,00DA
Ordinateurs	90000,00DA
Pinces et outils de coupe	5100,00DA
Câbles et fils de connexion	1500,00DA
Appareil oedométrique	130000 ,00DA
Les tournevis	2600,00DA
D'autres outils	35000,00DA
Local (location par mois)	40000,00DA
Total	392 150,00DA

Matériels utilisé dans le laboratoires :

Prix de vente unitaire : **200000 DA**

Structure Cost:

500 000DZD a 1 000 000DZD	تكاليف التعريف بالمنتج أو المؤسسة Frais d'établissement
22000DA pour compteurs electricité 15000DA pour compteur de eau	تكاليف الحصول على العدادات (الماء- الكهرباء) Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz-)
20 000DZD a 50 000DZD	تكاليف (التكوين- برامج الاعلام الالي المختصة) Logiciels, formations
100 00DZD a30 000DZD	Dépôt marque, brevet, modèle تكاليف براءة الاختراع و الحماية الصناعية و التجارية
/	Droits d'entrée تكاليف الحصول على تكنولوجيا او ترخيص استعمالها
/	Achat fonds de commerce ou parts شراء الأصول التجارية أو الأسهم
50000DA	Droit au bail الحق في الإيجار
34000DA	Caution ou dépôt de garantie وديعة أو وديعة تأمين
/	Frais de dossier رسوم إيداع الملفات
10000DA a 30000DA	Frais de notaire ou d'avocat تكاليف الموثق-المحامي-.....
/	Enseigne et éléments de communication تكاليف التعريف بالعلامة و تكاليف قنوات الاتصال
/	Achat immobilier شراء العقارات
200000DA	Travaux et aménagements الأعمال والتحسينات الاماكن
800 000	Matériel الآلات- المركبات- الاجهزة
130 000	Matériel de bureau تجهيزات المكتب
//	Stock de matières et produits تكاليف التخزين
/	trésorerie de départ التدفق النقدي (الصندوق) الذي تحتاجه في بداية المشروع.

Frais fixes pour le projet :

50 000da	Assurances التأمينات
33 300da	Téléphone, internet الهاتف و الانترنت
/	Autres abonnements اشترابات أخرى
18 2500da	Carburant, transports الوقود و تكاليف النقل
/	Frais de déplacement et hébergement تكاليف التنقل و المبيت
37 000da	Eau, électricité, gaz فواتير الماء – الكهرباء- الغاز
1000da	Mutuelle التعاضدية الاجتماعية
/	Fournitures diverses لوازم متنوعة
/	Entretien matériel et vêtements صيانة المعدات والملابس
/	Nettoyage des locaux تنظيف المباني
/	Budget publicité et communication ميزانية الإعلان والاتصالات

Références Bibliographiques

- [1] KHEMISSA M., MAGNAN J.-P., JOSSEAUME H. (1993), Etude expérimentale des propriétés mécaniques de l'argile molle de Cuiche (vallée de l'Adour). Laboratoire central des Ponts et Chaussées. Paris. Etudes et Recherches des LPC, GT 53,204 pages.
- [2] MAGNAN J.-P. (1989), Validation des méthodes de calcul des déformations des sols mous par comparaison avec le comportement des ouvrages. Laboratoire central des Ponts et Chaussées, Paris, Rapports des Laboratoires, GT 39, pp. 46-83.
- [3] MAGNAN J.-P., BAGHERY S., DEROY J.-M., QUEYROI D. (1981), Difficultés du contrôle in-situ des calculs de tassement. Comptes rendus. 10e Congrès international de mécanique des sols et des travaux de fondations, Stockholm, vol. 1, pp. 191-194.
- [4] MAGNAN J.-P., BRU J.-P., PILOT G. (1987). Remblais d'essais pour un tracé routier sur sol mou. Comptes rendus. 9 e Congrès régional européen de mécanique des sols et des travaux de fondations. Dublin, vol. 1, pp. 71-74.
- [5] MAGNAN J.-P., MIEUSSENS C., SOYEZ B., VAUTRAIN J. (1985) Essais œdométriques. Laboratoire central des Ponts et Chaussées. Paris. Méthode d'essai LPC, 13, 83 pages. QUEYROI D., de SAINT-AMAND F.,
- [6] MAGNAN J.-P. (1991). Les remblais d'essai de drains verticaux de l'autoroute A64 de Guiche (vallée de l'Adour), Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 176, pp. 57-72.
- [7] J. Rajmond and D. Pitica, "Data logger for signal analysis and failure prediction," in Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME), 2010 IEEE 16th International Symposium, 2010, pp. 263- 266.
- [8] J. Rajmond and D. Pitica, "8 channel configurable data logger for reliability testing and quality assurance," in Electronics Technology (ISSE), 2010 33rd International Spring Seminar on, 2010, pp. 255- 258.
- [9] A. Suzdalenko, A. Lazdans, and I. Galkin, "Development of multichannel analogue signal data logger based on MSP430," in Education and Research Conference (EDERC), 2012 5th European DSP, 2012, pp. 40-43.
- [10] B. Nkom and H. Musa, "Development of a Novel Microcontrollerbased data logger," in Adaptive Science & Technology, 2009. ICAST 2009. 2nd International Conference on, 2009, pp. 314-324.
- [11] L. Ning and S.Zhong, "Research and implementation of new type multi-channel data logger," in Computer Application and System Modeling (ICCASM), 2010 International Conference on, 2010, pp. V2-102-V2-105.
- [12] D. P. N. C. S. Sagarkumar, B. V. Wakode, "Data Logger System: A Survey," International Journal of Computer Technology and Electronics Engineering (IJCTEE), pp. pp. 24-26, 2011.
- [13] D. Ibrahim. (2008) Microcontroller And SD-Card Based Multichannel Data Logger. Electronics World. 26-31.

[14] C. Amariei. Arduino Development Cookbook, Packt Publishing Ltd., 2005, ISBN 978 1-78-398294 -3.

الملخص

اليوم ، نحن نعيش في عالم سريع الخطى حيث البساطة والسهولة هي المفضلة للغاية. أصبح الاعتماد الكامل على الأنظمة الرقمية شائعًا للغاية نظرًا لوقت الاستجابة السريع والأداء والموثوقية في تخزين كميات كبيرة من البيانات في مساحات صغيرة. ونتيجة لذلك ، فإن هذه الأجهزة سهلة الاستخدام وتوفر نتائج سريعة وتوفر الوقت والجهد. لذلك ، أدخلنا هذا الجهاز في مجال الهندسة المدنية والجيوتقنية. يقدم الجهاز المقترح مزايا عديدة ، بما في ذلك التحويل التلقائي بتكلفة أقل مقارنة بالأجهزة التناظرية ، والتي تتحقق من خلال إضافة نظام مضمن لتسهيل استخدامه لأغراض تعليمية وبحثية متنوعة.

Résumé

Nous vivons aujourd'hui dans un monde où la vitesse est primordiale. Le monde entier privilégie la simplicité et la facilité. La dépendance totale aux systèmes numériques est devenue très répandue en raison de leur rapidité de réponse, de leurs performances et de leur fiabilité en stockant de grandes quantités de données dans des espaces réduits. Ainsi, ces dispositifs sont faciles à utiliser, produisent des résultats rapides et permettent de gagner du temps et des efforts.

C'est pourquoi nous avons développé ce dispositif dans le domaine du génie civil et de la géotechnique. Il offre de nombreux avantages, notamment une conversion automatique à moindre coût par rapport à un dispositif analogique, grâce à l'ajout d'un système intégré facilitant son utilisation à des fins éducatives et de recherche.

Abstract

Today, we live in a fast-paced world where simplicity and ease are highly preferred. The complete reliance on digital systems has become extremely common due to their quick response time, performance, and reliability in storing large amounts of data in small spaces. As a result, these devices are easy to use, provide rapid results, and save time and effort. Therefore, we have introduced this device in the field of civil engineering and geotechnics. The proposed device offers numerous advantages, including automatic conversion at a lower cost compared to analog devices, achieved through the addition of an embedded system to facilitate its use for various educational and research purposes.

Les Mots clés : data logger , capteur LVDT , test de consolidation , oedometre , arduino.