


PROJET INDUSTRIEL • 2026

SYSTÈME DE DÉTECTION DE DÉFAUTS INDUSTRIELS

 Surveillance Intelligente & Temps Réel

 **Mahdi Ben Massoud**

IoT & Systèmes Informatiques



INTRODUCTION & CONTEXTE



Problématique Industrielle

Les systèmes industriels modernes exigent une disponibilité continue, mais les méthodes traditionnelles montrent leurs limites.

- ⊘ **Arrêts de production** imprévus engendrant des pertes financières critiques.
- 💰 **Coûts de maintenance** élevés dus à une approche réactive plutôt que prédictive.
- 👤 **Risques de sécurité** accrus pour les opérateurs en cas de défaillance critique non détectée.
- 📉 **Dégradation accélérée** des équipements faute de surveillance thermique adéquate.



Objectif du Projet

Conception d'un **système embarqué intelligent** pour la surveillance automatisée en temps réel.



Tension



Courant



Température

- ✅ **Surveillance 24/7** avec détection instantanée des anomalies.
- ✅ **Solution économique** adaptée aux PME et environnements pédagogiques.
- ✅ **Conception modulaire** permettant une intégration facile dans les armoires existantes.
- 🔔 **Système d'alerte précoce** pour prévenir les pannes avant qu'elles ne surviennent.

PROBLÉMATIQUE & SOLUTION



Analyse du Problème

"Comment concevoir un système compact et à faible coût capable de détecter précocement les défauts électriques et thermiques ?"

Limitations Actuelles :

- ✗ **Contrôles Manuels** : Inspections périodiques inefficaces face aux pannes soudaines.
- ✗ **Instruments Isolés** : Manque d'interconnexion et de centralisation des données.
- ✗ **Pas de Temps Réel** : Impossibilité de détecter les anomalies transitoires rapides.
- ✗ **Maintenance Corrective** : Intervention uniquement après la panne (coûts élevés).



Solution Proposée



CŒUR DU SYSTÈME

Microcontrôleur ATmega328P

Avantages Clés :

- ✓ **Traitement Intelligent** : ADC 10 bits pour une acquisition précise et filtrage numérique.
- ✓ **Surveillance 24/7** : Analyse continue sans interruption ni fatigue.
- ✓ **Alertes Multi-niveaux** :

NORMAL WARNING FAULT
- ✓ **Adaptabilité** : Seuils configurables selon l'environnement industriel.

ARCHITECTURE GLOBALE DU SYSTÈME



Alimentation

- Entrée 12V DC régulée
- Protection (diode + fusible)
- Sortie 5V (LM7805)



Capteurs

- Tension : Pont diviseur
- Courant : Shunt 0.1Ω + LM358
- Température : LM35



Traitement

- Microcontrôleur ATmega328P
- ADC 10 bits interne
- Algorithme de détection



Sorties

- LEDs d'état (Vert/Jaune/Rouge)
- Buzzer d'alarme
- Interface extensible

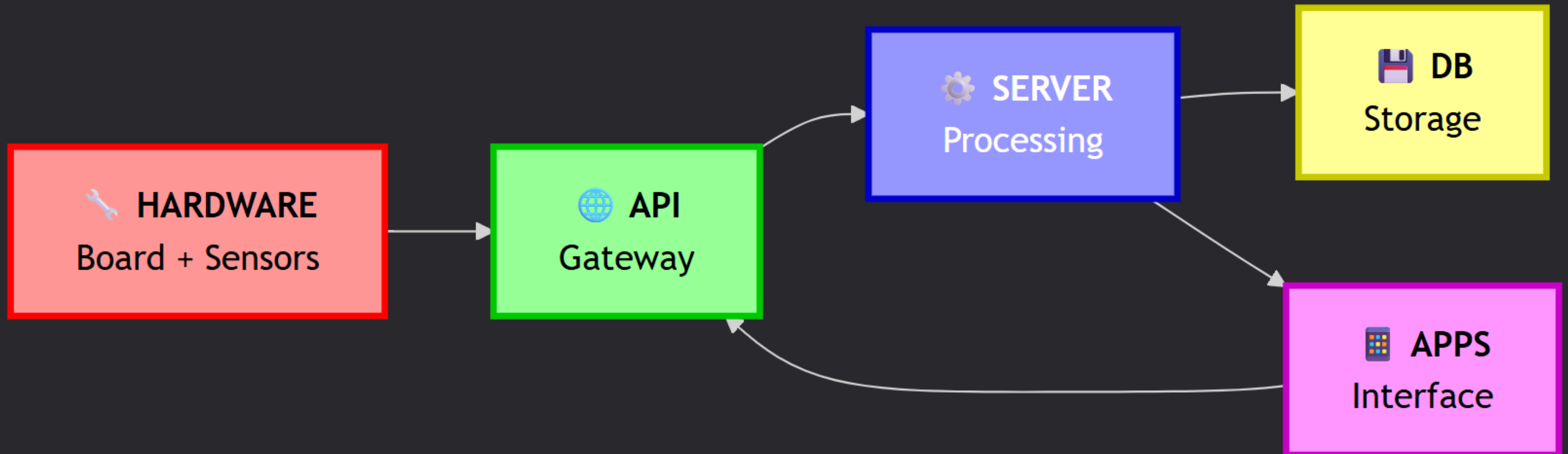


DIAGRAMME DE CLASSES (UML)

Modèle Capteurs

Classe abstraite **Sensor** définissant l'interface commune. Héritage polymorphique pour **VoltageSensor**, **CurrentSensor** et **TemperatureSensor**.

Logique de Contrôle

Controller orchestre la boucle principale. **AlertManager** analyse les seuils critiques et gère la priorité des états (Normal/Warning/Fault).

Interface Utilisateur

Classe **UserInterface** découplant la logique métier du matériel. Gestion abstraite des sorties (LEDs RGB, patterns Buzzer).

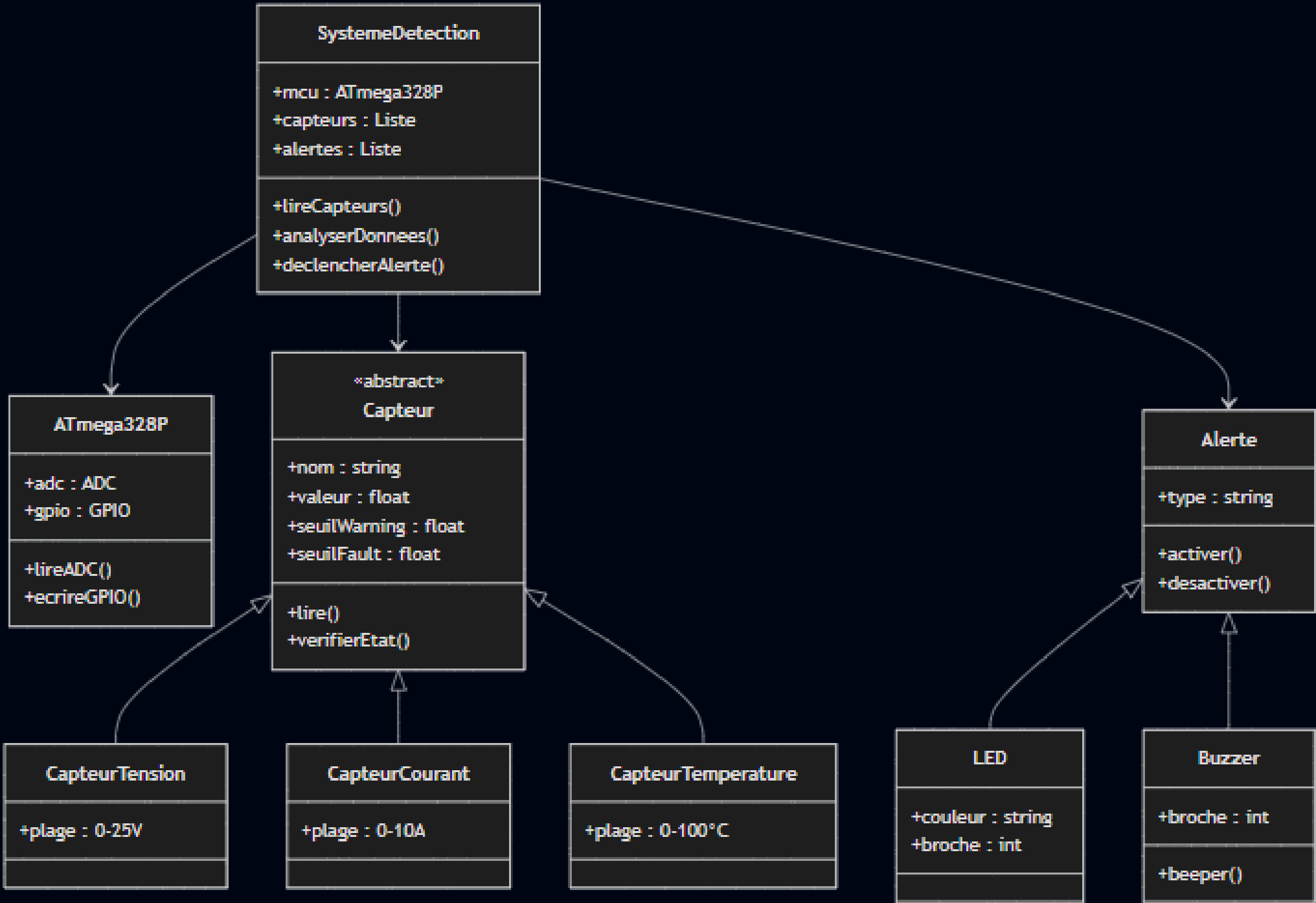


DIAGRAMME DE FLUX (FLOWCHART)

🔌 Initialisation

Configuration des registres I/O, activation de l'ADC (prescaler) et calibration initiale des capteurs au démarrage du système.

🔄 Boucle Principale

Cycle continu : **Lecture** capteurs → **Filtrage** (moyenne mobile) → **Analyse** des seuils → **Décision** d'état.

🔔 Réponse Système

Activation des sorties (LEDs/Buzzer) selon l'état déterminé, avec gestion d'un délai d'anti-rebond (~100ms) pour la stabilité.

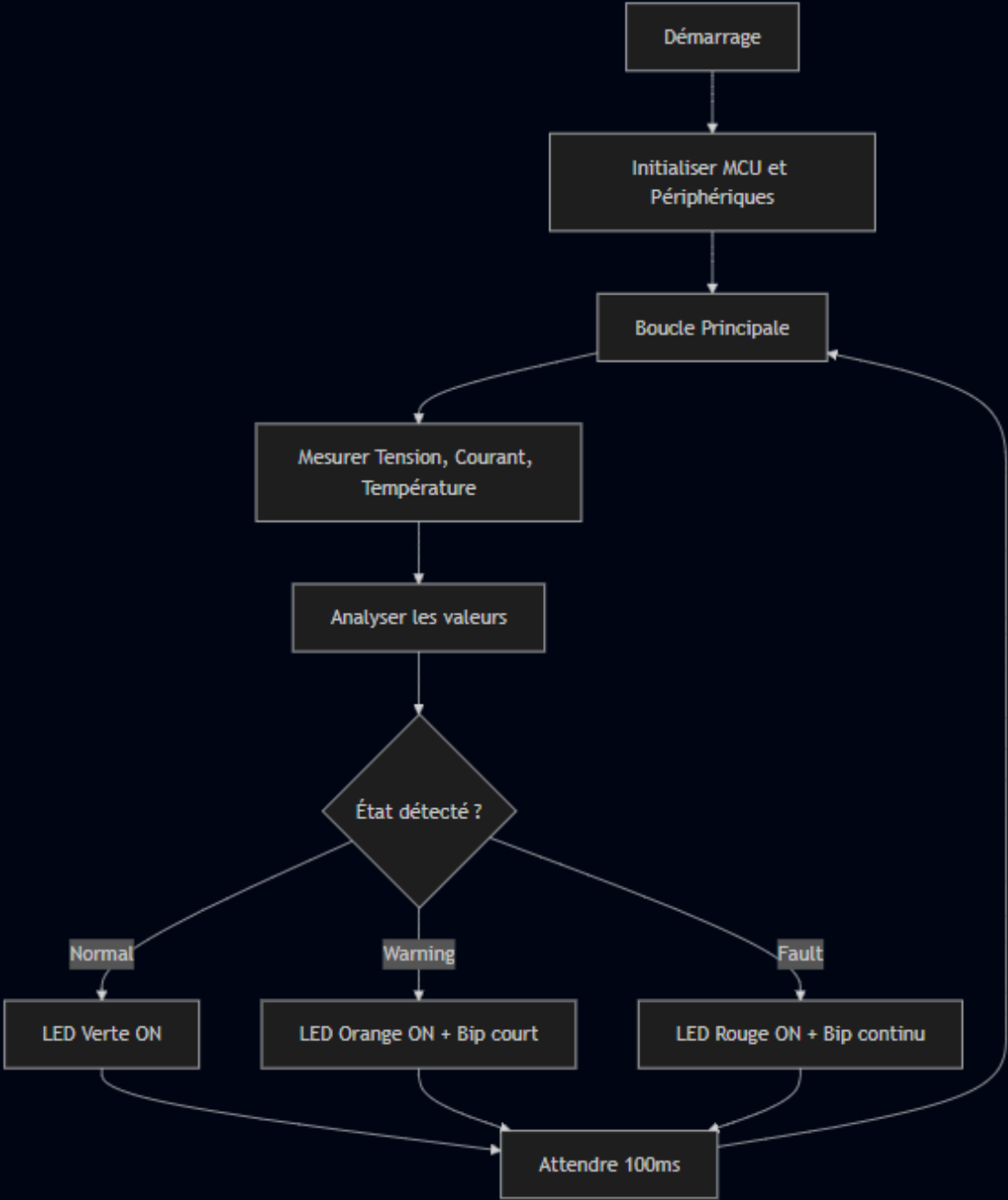


SCHÉMA ÉLECTRIQUE – EAGLE (.SCH)

⚡ Alimentation & Contrôle

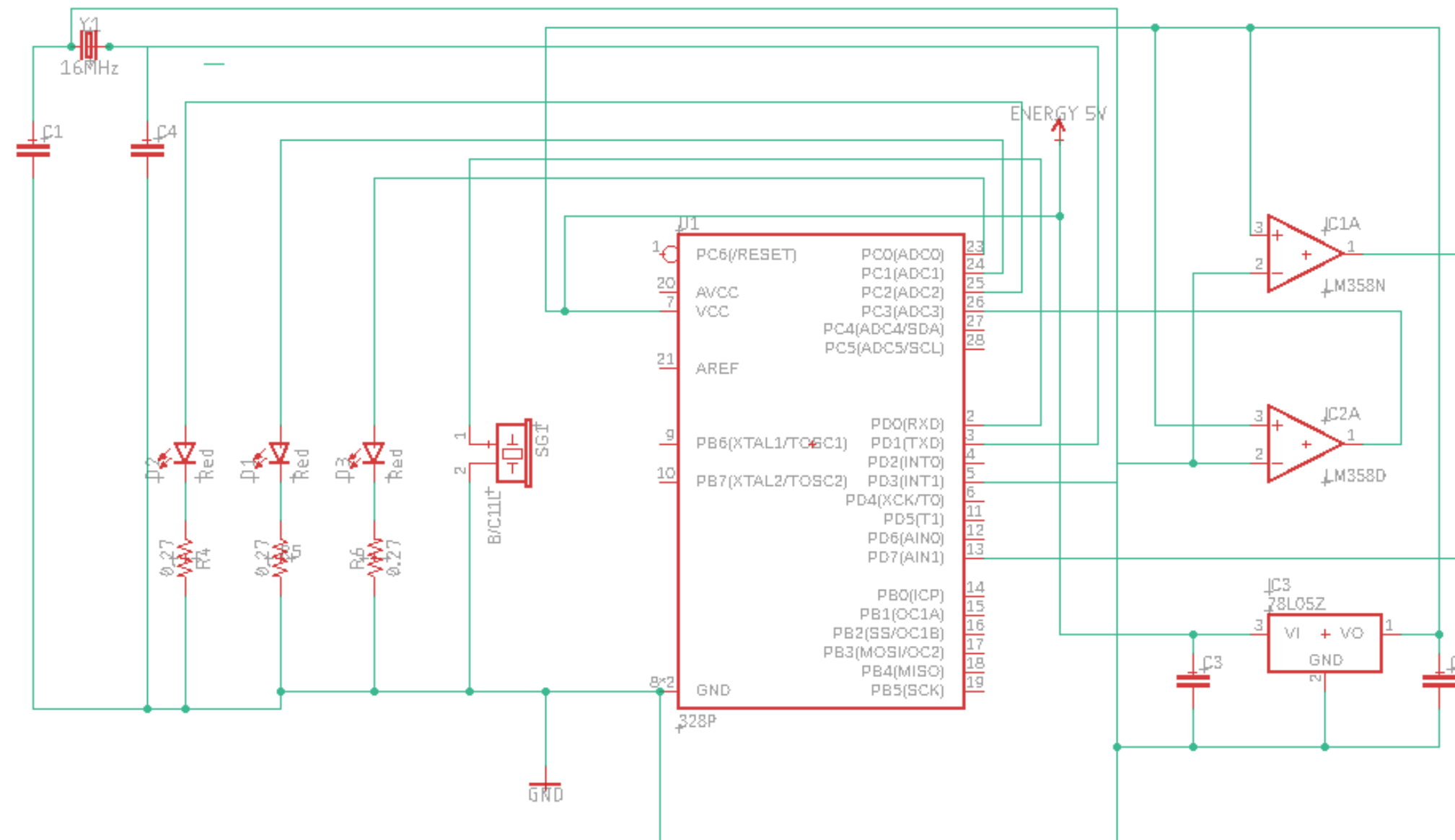
Régulation **LM7805** (12V→5V) avec protection diode 1N4007. Microcontrôleur **ATmega328P** avec quartz 16MHz et port ISP.

↳ Conditionnement Analogique

Amplification courant via **LM358** + Shunt 0.1Ω. Diviseur de tension et capteur thermique **LM35** avec condensateurs de découplage.

💡 Interface de Sortie

Signalisation par LEDs (R/J/V) avec résistances. Alarme sonore pilotée par transistor **BC547** pour le buzzer.



PCB LAYOUT – EAGLE (.BRD)

📏 Spécifications Physiques

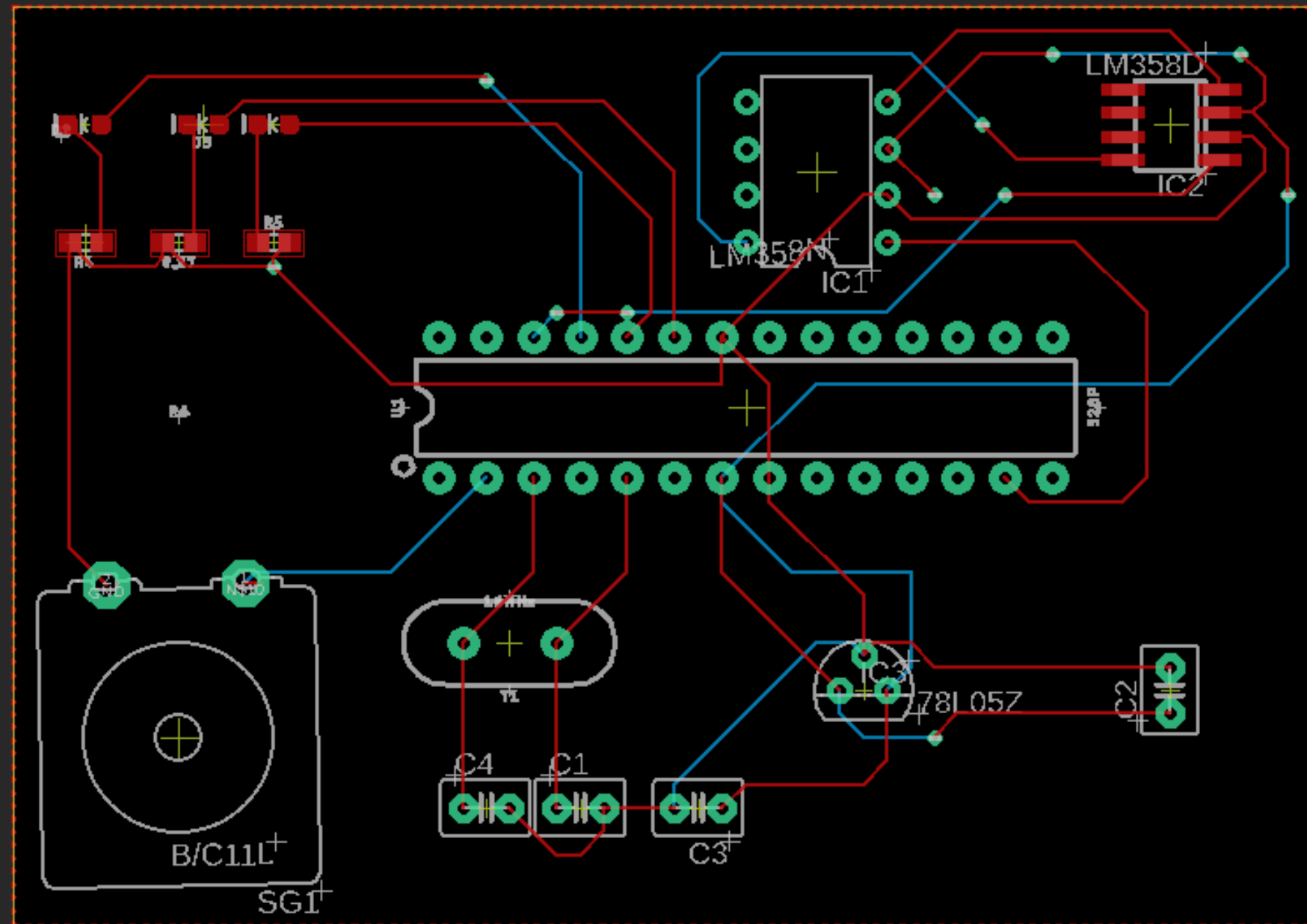
Circuit imprimé double couche (Top/Bottom). Dimensions compactes standardisées : **100mm × 80mm**. Montage traversant pour faciliter l'assemblage manuel.

🔌 Intégrité du Signal

Séparation physique des zones **Analogique** (capteurs) et **Numérique** (CPU). Plan de masse continu (GND Pour) pour l'immunité aux bruits (EMI).

🔧 Stratégie de Routage

Pistes de puissance larges (**1.0mm**) pour minimiser l'échauffement. Découplage (**100nF**) placé au plus près des broches d'alimentation des ICs.



SIMULATION & VALIDATION – WOKWI

☰ Objectifs de Validation

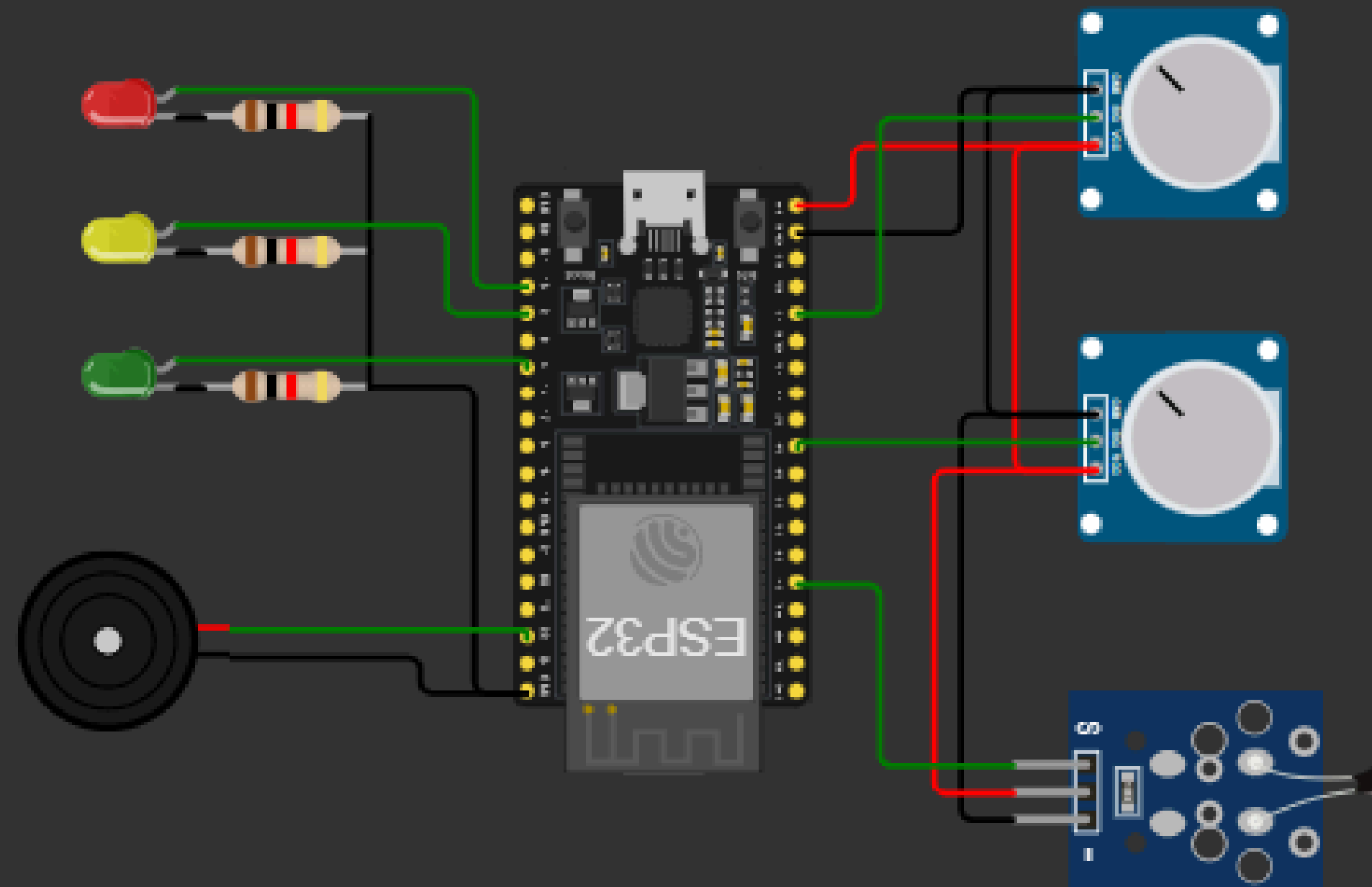
Vérification de la logique du **firmware** et des machines d'état. Validation précise des seuils de déclenchement (Normal/Warning/Fault).

⚠ Scénarios Testés







Simulation de **surchauffe** progressive ($>75^{\circ}\text{C}$), pics de **surtension** ($>14\text{V}$) et surcharges de courant transitoires.

🕒 Résultats & Performance

Temps de réaction mesuré $< 200\text{ ms}$. Stabilité confirmée sans fausses alertes sur des cycles de test prolongés.



NOMENCLATURE (BOM) & ANALYSE ÉCONOMIQUE

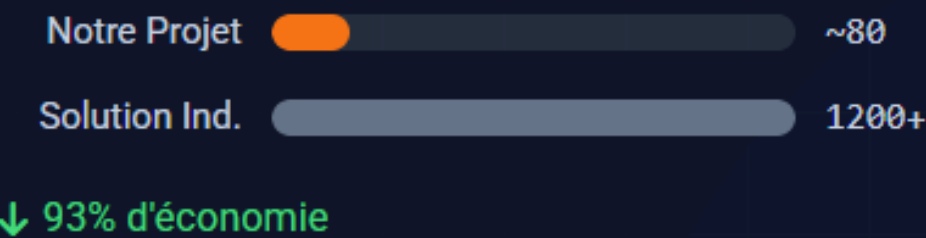
COMPOSANT	RÉFÉRENCE	QUANTITÉ	PRIX UNIT.	TOTAL (TND)
 Microcontrôleur	ATmega328P-PU	1	25.00	25.00
 Capteur Temp.	LM35DZ	1	7.00	7.00
 Amplificateur Op.	LM358N	1	4.00	4.00
 Régulateur + Shunt	LM7805 + 0.1Ω 10W	1 set	11.00	11.00
 Interface & Divers	LEDs, Buzzer, Passifs	1 lot	12.50	12.50
 Circuit Imprimé	PCB Double Couche	1	20.00	20.00
COÛT TOTAL ESTIMÉ				79.50

INVESTISSEMENT MATÉRIEL

79.50 TND

Composants 100% disponibles

COMPARATIF MARCHÉ



RETOUR SUR INVESTISSEMENT

< 3 Mois

Rentabilisé dès la 1ère panne évitée (arrêt production moyen ~500 TND/h)

RÉSULTATS & PERFORMANCE

PRÉCISION DES MESURES



±2%

Tension (V)



±3%

Courant (A)



±0.5°C

Température

PERFORMANCE SYSTÈME



10 Hz

Échantillonnage



<200ms

Temps de Réaction



99.8%

Fiabilité Tests

LOGIQUE DE SEUILS CONFIGURÉS

NORMAL

Fonctionnement nominal.
Tous les paramètres dans les
plages vertes. LED Verte
active.



WARNING

Dérive détectée. Approche
des limites critiques. LED
Jaune + Buzzer intermittent.



FAULT

Danger immédiat.
Dépassement critique. LED
Rouge + Buzzer continu.



APPLICATIONS CIBLES



Armoires Élec.



Moteurs Ind.



Alimentations



Bancs de Test

CONCLUSION & PERSPECTIVES

🚩 Réalisations du Projet



Coût optimisé < 80 TND



Système Fiable & Fonctionnel



Architecture Modulaire

Perspectives Court Terme

PHASE 1



Module IoT (ESP8266/LoRa)



Dashboard Web de Supervision



Historisation locale des données



Moyen & Long Terme

PHASE 2



Machine Learning (Maintenance Prédictive)



Cloud Analytics & Big Data



Certification Industrielle (IP65, CE)

MERCI
DE VOTRE ATTENTION



Mahdi Ben Massoud

IoT & Systèmes Informatiques