

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.
- ⚡ **Dégénération 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 :

- ✓ **Traitements 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

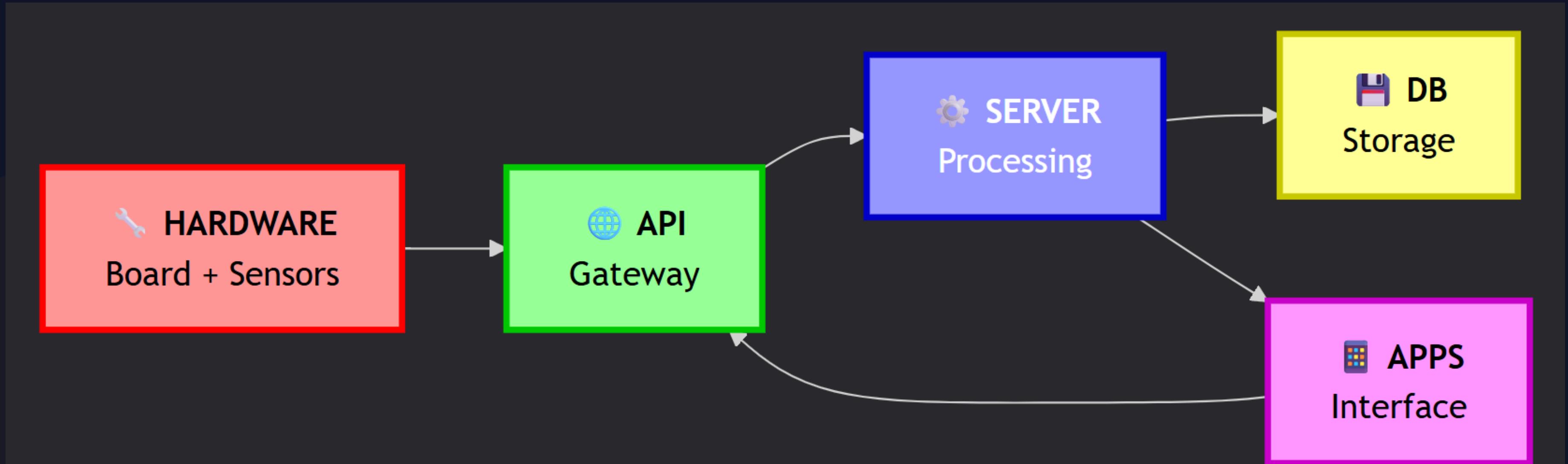


DIAGRAMME DE CLASSES (UML)

Modèle Capteurs

Classe abstraite **Sensor** définissant l'interface commune. Héritage polymorphe 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).

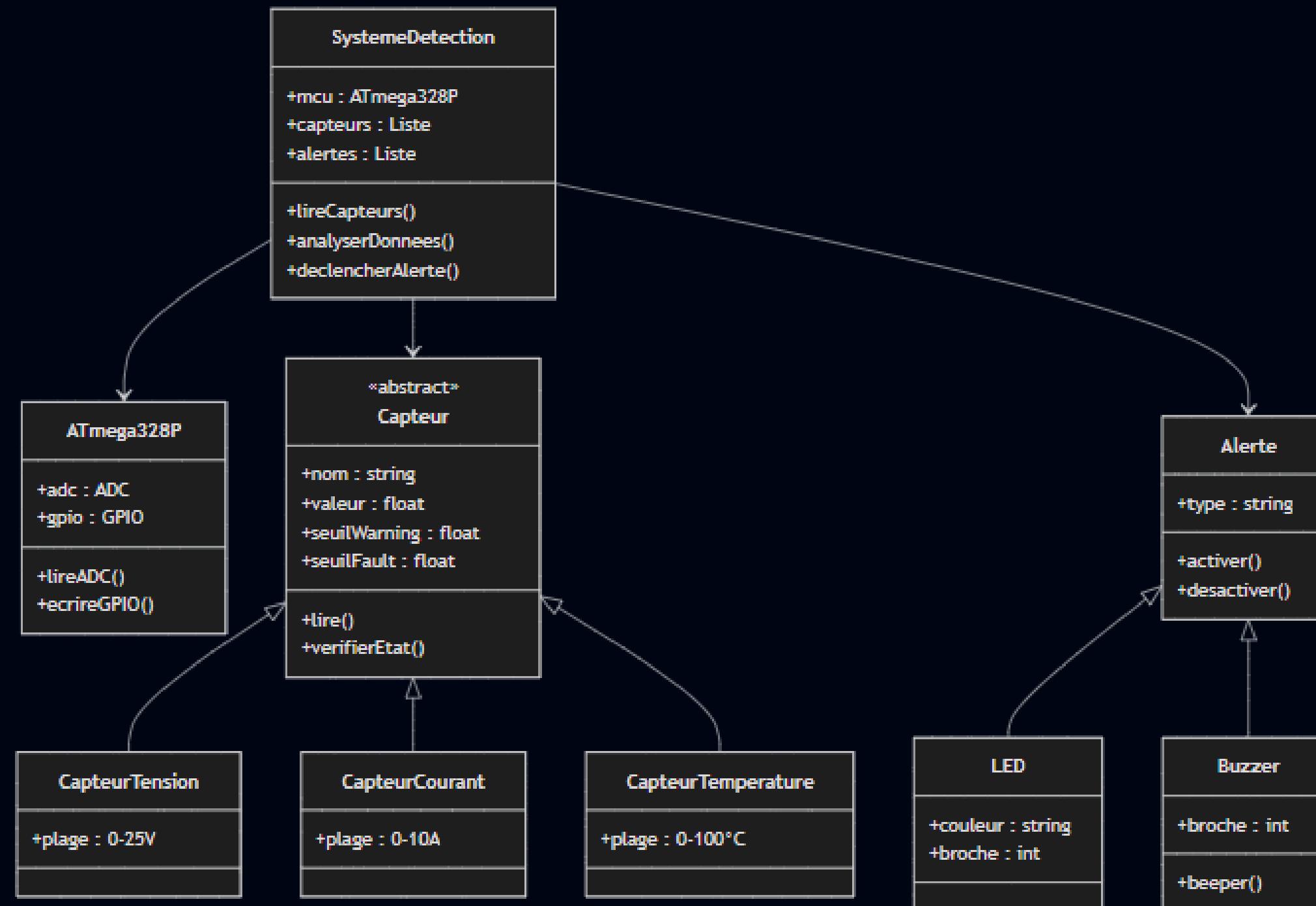


DIAGRAMME DE FLUX (FLOWCHART)

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.

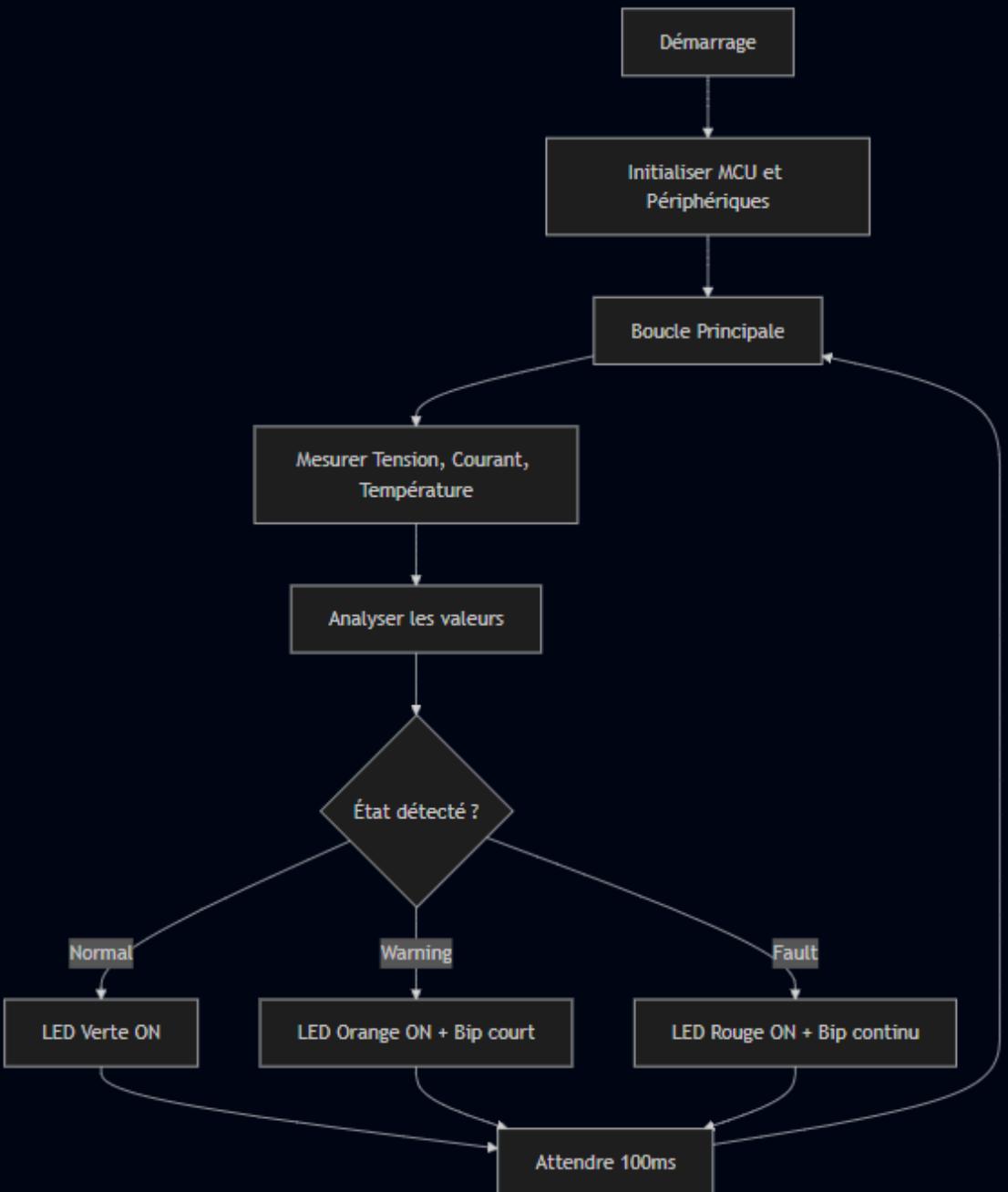


SCHÉMA ÉLECTRIQUE – EAGLE (.SCH)

⚡ Alimentation & Contrôle

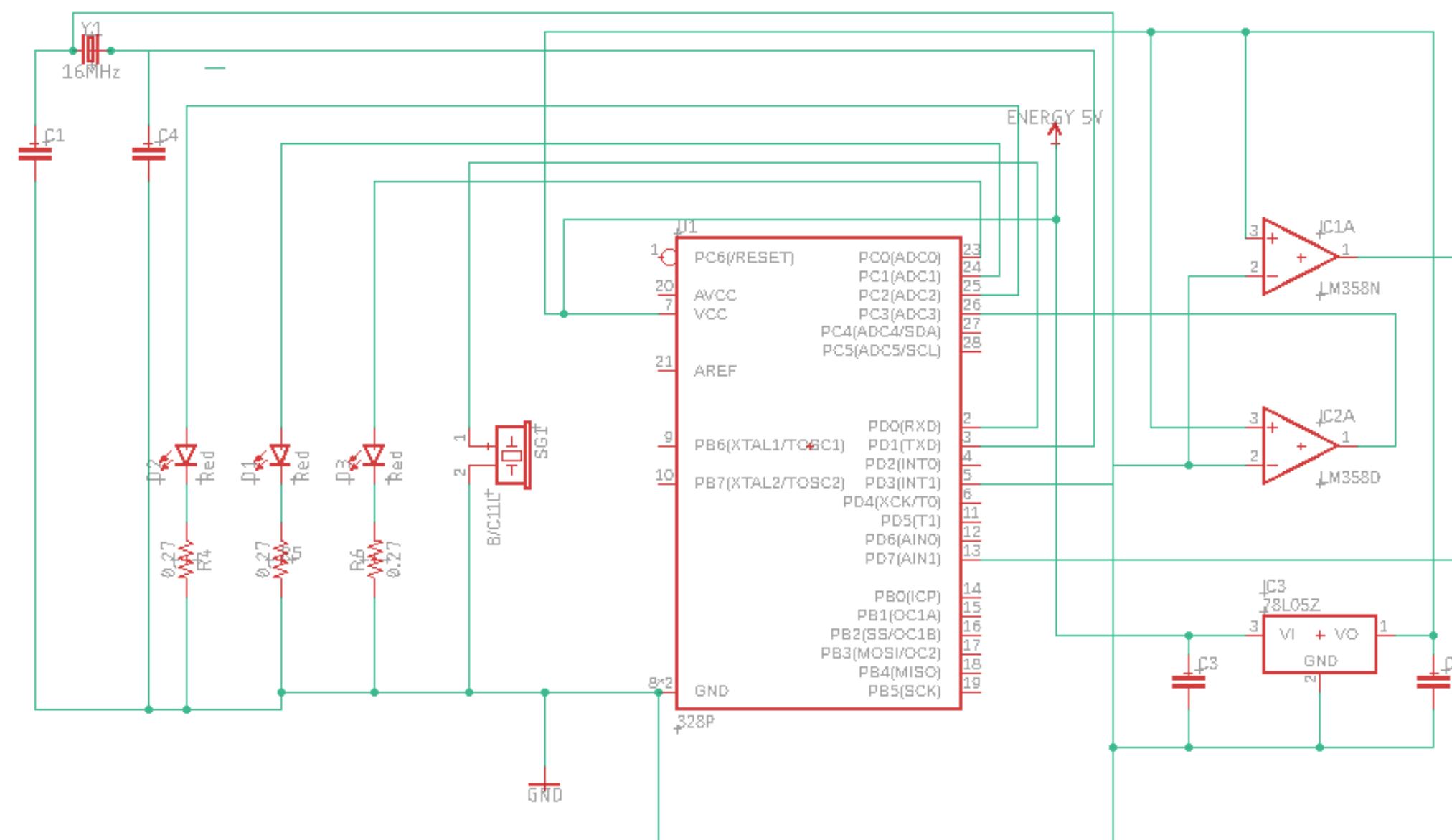
Régulation LM7805 (12V → 5V) avec protection diode 1N4007. Microcontrôleur ATmega328P avec quartz 16MHz et port ISP.

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

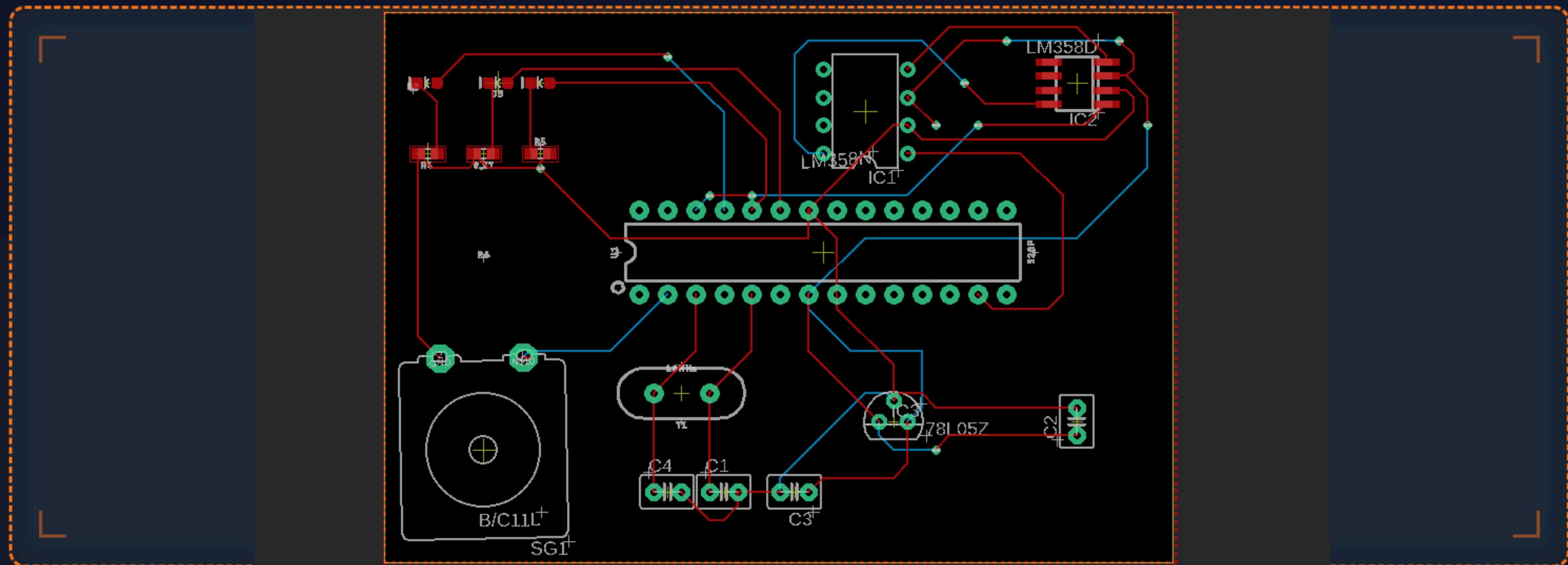
Circuit imprimé double couche (Top/Bottom). Dimensions compactes standardisées : **100mm × 80mm**. Montage traversant pour faciliter l'assemblage manuel.

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

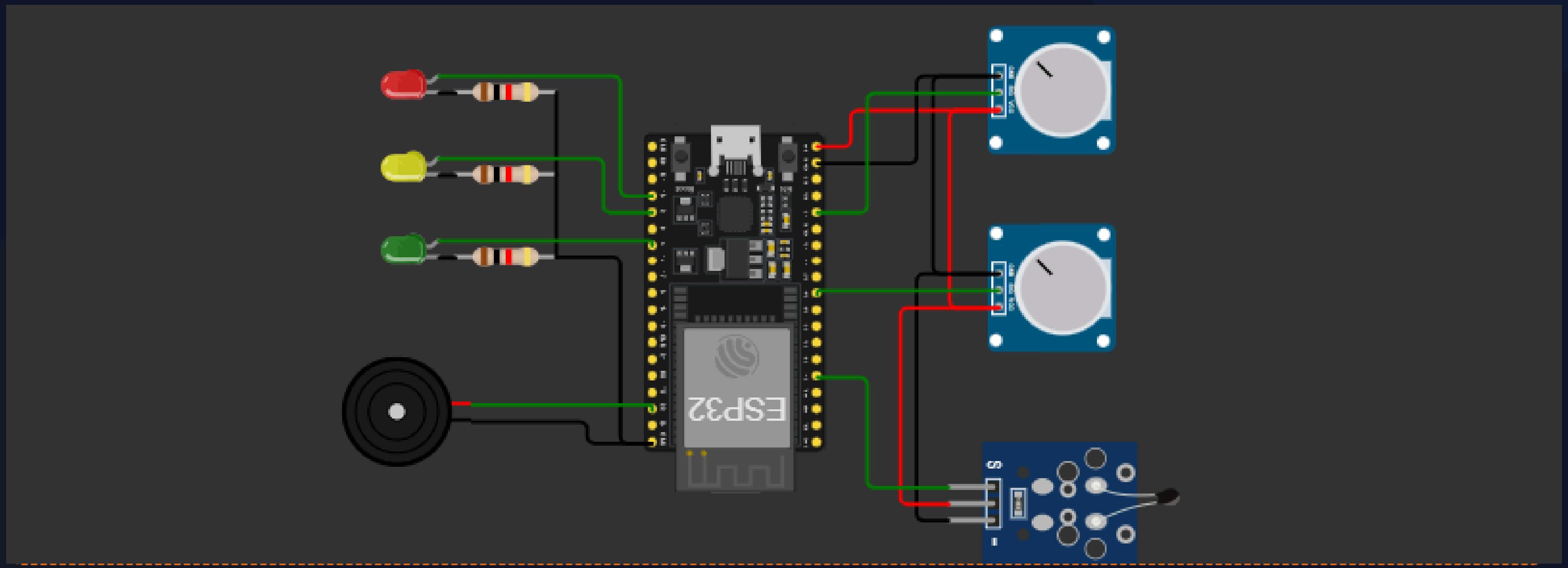
Vérification de la logique du **firmware** et des machines d'état. Validation précise des seuils de déclenchement (Normal/Warning/Fault).

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

Notre Projet

Solution Ind.

↓ 93% d'économie

~80

1200+

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