



Cahier des charges : Projet MES4.0

Prestataire externe : SD de l'Étage d'en Haut

EXIGENCES T'ELEFAN ENVERS SON PRESTATAIRE EXTERNE

Ce document a pour objectif de définir le cadre de collaboration entre T'ELEFAN et son prestataire externe SD de l'Étage d'en Haut, afin de garantir un niveau de prestation assurant à T'ELEFAN le respect des délais et de la qualité pour sa commande. La prise en compte de ces exigences permettra à SD de l'Étage d'en Haut de contribuer à une collaboration durable.

T'ELEFAN

Site de BRON : 160 Bd de l'université, 69500 BRON

Tél : 04 78 77 24 50

Mail : contact@telephan.com

Groupe :

QLIO : Tristan BLONDIN / Alexis BOUGAIN / Baptiste BUSTOS LASO / Mehdi NEHAL / Kassandra PIRES

SD : Léon VINCENT VACLE / Ibrahim RAHMANI / Loïc COTTE

Usine/Service : T'ELEPHAN
160 Bd de l'université, 69500 BRON, France

Projet : MES4.0

Livrable : Tableau de bord en temp réelle

Début du projet : 23/09/2025
Pré-réception : Mi-février
Réception définitive : Mars 2026

Type de machine : Ligne de production semi-automatisé FESTO

Planning Voir « Gantt project »

Contact T'ELEPHAN :

Tristan BLONDIN
+33 6 75 64 10 91
Tristan.blondin@telephan.com

Alexis BOUGAIN
+33 6 60 33 32 17
Alexis.bougain@telephan.com

Baptiste BUSTOS LASO
+33 7 82 74 80 38
Baptiste.bustos-laso@telephan.com

Mehdi NEHAL
+33 7 69 07 78 82
Mehdi.nehal@telephan.com

Kassandra PIRES
+33 6 21 86 83 85
Kassandra.pires@telephan.com

Sommaire

I.	<i>Préambule</i>	4
A.	Contexte	4
B.	Produit	5
T'Elephan a pour produit principal ses célèbres smartphones. Ci-dessous, vous trouverez la vue éclatée ainsi que la gamme de fabrication de celui-ci.		5
1.	Produit éclaté	5
2.	Gamme de fabrication	5
II.	<i>Objectifs du projet</i>	6
A.	Objectif principal	6
B.	Objectif secondaire	6
III.	<i>Périmètre du projet</i>	6
A.	Inclus	7
B.	Exclus	7
IV.	<i>Exigences fonctionnelles</i>	7
A.	12 indicateurs (KPI's) obligatoire	7
B.	Tables et champs associés aux KPI's	10
C.	Fonctions attendues	11
1.	Un accès sécurisé via authentification et rôles utilisateurs.	11
2.	Une actualisation automatique ou manuelle des données.	11
3.	Des visualisations graphiques variées	11
4.	Un système d'alerte en cas de dérive ou de seuil dépassé	11
5.	Des exports PDF et Excel pour les rapports	11
6.	Une interface claire, moderne et ergonomique, adaptée à l'environnement de production.	12
7.	Affichages avancés	12
D.	Interface voulue	13
V.	<i>Exigences techniques</i>	16
VI.	<i>Qualité et validation</i>	16
VII.	<i>Organisation du projet</i>	17
VIII.	<i>Gestion des litiges et modifications</i>	18
IX.	<i>Engagement du prestataire</i>	18
X.	<i>Acceptation du cahier des charges</i>	19
XI.	<i>Annexes</i>	20

I. Préambule

A. Contexte

L'entreprise T'EleFan est un fabricant français de smartphones durables, engagé dans une démarche de production responsable et éthique. Face à la croissance de ses ventes et à la volonté de renforcer la performance industrielle, l'entreprise a récemment investi dans une ligne de production semi-automatisée FESTO. Cette installation permet de produire les téléphones en intégrant des processus modernes de fabrication connectée, typiques de l'industrie 4.0.



Figure 1 & 2 : Ligne de production semi-automatisé FESTO

Dans ce contexte, T'EleFan souhaite développer un système de supervision et d'analyse de la performance sous la forme d'un tableau de bord MES (Manufacturing Execution System). Cet outil doit permettre à la fois de collecter les données issues des équipements, d'en assurer la traçabilité et d'en dégager des indicateurs clés de performance (KPI) pour piloter la production.

Le présent cahier des charges a pour but de définir le cadre de ce projet. Il fixe les objectifs, les fonctions attendues, les contraintes techniques, ainsi que les engagements mutuels entre le client T'EleFan (représenté par l'équipe QLIO) et le prestataire SD de l'Étage d'en Haut (équipe informatique).

B. Produit

T'Elephan a pour produit principal ses célèbres smartphones.
Ci-dessous, vous trouverez la vue éclatée ainsi que la gamme de fabrication de celui-ci.

1. Produit éclaté

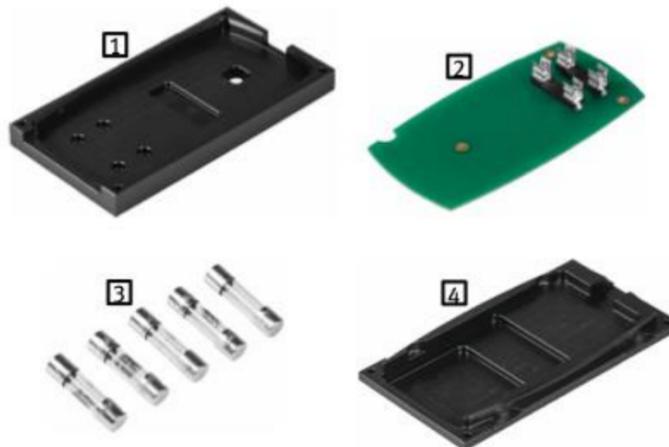


Figure 3 : Produit éclaté

2. Gamme de fabrication

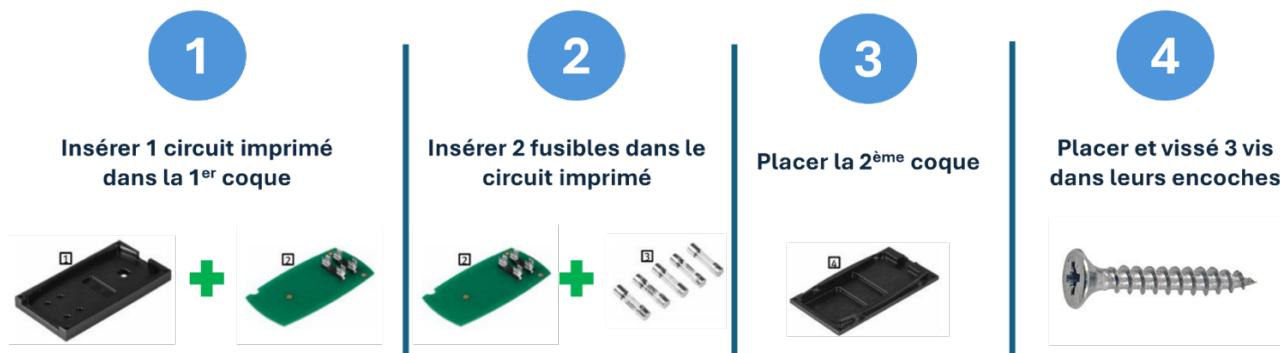


Figure 4 : Gamme de fabrication

II. Objectifs du projet

A. Objectif principal

L'objectif principal du projet MES4.0 est de concevoir, développer et tester un **tableau de bord** de pilotage de production connecté à la ligne FESTO. Cet outil doit offrir une visualisation claire, en temps réel, des performances et de l'état de la production. Il doit permettre de suivre la qualité, la productivité, la maintenance et la logistique interne de la ligne.

Plus concrètement, le tableau de bord devra permettre d'identifier les points de blocage, les pertes d'efficacité, et les variations de performance afin d'aider les opérateurs et responsables à prendre des décisions rapides et fondées sur des données fiables.

B. Objectif secondaire

En parallèle, ce projet poursuit plusieurs objectifs secondaires :

- Garantir la qualité et la fiabilité des données en assurant une collecte structurée et cohérente.
- Centraliser les informations clés pour simplifier la supervision.
- Améliorer la traçabilité des produits depuis les matières premières jusqu'au produit fini.
- Renforcer la culture de l'amélioration continue dans l'entreprise, en cohérence avec les référentiels ISO 9001:2015 et MASE:2024.

III. Périmètre du projet

Le projet MES4.0 couvre l'ensemble des activités liées à la mise en place du tableau de bord de production, incluant l'analyse des besoins, la définition des indicateurs, la structuration de la base de données, le développement logiciel, la visualisation graphique et la validation fonctionnelle.

A. Inclut

Le périmètre inclut :

- La collecte et le traitement des données issues de la base de données FESTO (MES4).
- Le développement du tableau de bord en Python, utilisant la base MariaDB.
- La sécurisation informatique de celui-ci.
- La conception de la maquette graphique et l'intégration des indicateurs.
- Les tests de validation et de recette.

B. Exclus

En revanche, sont exclus de ce périmètre :

- Les modifications physiques ou logicielles de la ligne de production FESTO.
- Les évolutions du système MES fourni par le constructeur.
- La gestion des serveurs de production (hébergement hors T'Elefan).

IV. Exigences fonctionnelles

Le tableau de bord devra permettre un suivi complet et intuitif de la ligne de production. Il présentera les principaux indicateurs de performance, répartis selon plusieurs domaines :

- Performance
- Qualité
- Energie
- Stock
- Délai

A. 12 indicateurs (KPI's) obligatoire

N°	Nom du KPI	Catégorie	Définition	Formule	Seuil /dérive
1	OEE – Taux de rendement global (%)	Performance	Évalue l'efficacité réelle de la ligne	$\text{Disponibilité} \times \text{Performance} \times \text{Qualité}$ <p>(Calcul Disponibilité = Temps de fonctionnement / Temps planifié x 100)</p> <p>(Calcul Performance = Production réelle / Production théorique possible x 100)</p> <p>(Calcul Qualité = Pièces conforme, bonne / Pièces non-conforme, pas bonne x100)</p>	Alerte si < 85 %
2	Taux d'utilisation machine (%)	Performance	% du temps où la machine est réellement en production (Busy=1).	$\text{Utilisation} = \frac{T_{\text{Busy}=1}}{T_{\text{total}}} \times 100$	Dérive si baisse > 10 % sur 7 jours
3	Cadence réelle (pièces/heure)	Performance	Compare le débit réel à la cadence nominale prévue.	$\text{Cadence réelle} = \frac{\text{Nombre de pièces OK}}{\text{Temps de production (h)}}$	Alerte si < cadence nominale -10 %
4	Temps moyen de cycle (s/pièce)	Performance	Temps écoulé entre deux productions successives (OK).	$\text{Cycle time moyen} = \frac{\text{Temps total de production (s)}}{\text{Nombre de pièces OK}}$	Alerte si > temps nominal × 1,1
5	Taux de non-conformité (%)	Qualité	% de pièces NOK / total des pièces produites.	$\text{Taux de NC} = \frac{\text{Pièces NOK}}{\text{Pièces OK} + \text{NOK}} \times 100$	Alerte si > 2 %
6	Temps de détection défaut (s)	Qualité	Délai entre apparition d'erreur et arrêt machine.	$\text{Temps de détection} = \text{Timestamp arrêt machine} - \text{Timestamp apparition défaut}$	Alerte si > seuil défini (ex. 10 s)

7	Lead Time/unit	Délai	Le temps total entre l'entrée d'une pièce dans la ligne et sa sortie finale.	Lead Time = Timestamp sortie – Timestamp entrée	Alerte si > Lead Time nominal × 1,1
8	Temps d'attente en buffer	Délai	Temps moyen que les pièces passent à attendre dans un buffer (zone tampon si stock plein) avant d'être traitées par l'équipement suivant.	Temps d'attente moyen = $\frac{\sum (\text{Temps en buffer par pièce})}{N}$	Alerte si > temps nominal × 1,2
9	Consommation énergétique (kWh/unit)	Energie	Énergie moyenne consommée par pièce produite.	Énergie par unité = $\frac{\text{Consommation énergétique totale (kWh)}}{\text{Pièces produites}}$	Dérive si +10 % / sem.
10	Consommation Air comprimé moyen (L/unit)	Energie	Volume d'air utilisé par unité produite.	Air par unité = $\frac{\text{Volume total consommé (L)}}{\text{Pièces produites}}$	Tolérance ±15 %
11	Taux d'occupation des buffer (%)	Stock	Rapport quantité réelle / capacité max.	Occupation buffer = $\frac{\text{Quantité réelle}}{\text{Capacité maximale}} \times 100$	Alerte si > 90 %
12	Variation du niveau de stock	Stock	Fluctuations anormales dans les buffers, indiquant un problème amont ou aval.	$\Delta\text{Stock} = \text{Stock}(t) - \text{Stock}(t - 1)$	Alerte si variation > 20 % d'un pas à l'autre

B. Tables et champs associés aux KPI's

Catégorie	KPI (Indicateur)	Table(s) SQL	Colonnes Clés	Méthode de Calcul / Remarque
Performance	1. OEE / TRG (Taux de Rendement Global)	tblmachinereport, tblfinstep, tblresourceoperation, tblfinorderpos	Busy,TimeStamp,Start,End,WorkingTime,Error	Combinaison de la Disponibilité (Busy), de la Performance (réel vs WorkingTime) et de la Qualité (Error).
	2. Taux d'utilisation machine	tblmachinereport	ResourceId,TimeStamp,Busy	Somme des durées où Busy = 1 sur la période d'analyse.
	3. Cadence réelle (pièces/heure)	tblfinorderpos	End,ONo	Comptage des pièces finies (ONo) avec End dans l'intervalle, rapporté au temps de production.
	4. Temps moyen de cycle (s/pièce)	tblfinstep	Start,End	Moyenne des durées d'opération (End - Start).
Qualité	5. Taux de non-conformité	tblfinorderpos, tblpartsreport	Error,ErrorID	Ratio des pièces avec Error = 1 ou ErrorID renseigné.
	6. Temps de détection défaut	tblmachinereport, tblpartsreport	TimeStamp,ErrorL0,ErrorL1,ErrorL2	Différence entre déclenchement (ErrorL0/1/2 = 1) et arrêt machine/événement.
Délai	7. Lead Time (Temps de traversée)	tblfinorder	Start,End	End - Start de l'ordre.
	8. Temps d'attente en buffer	tblfinstep	Start,End,OpNo	Durée des étapes dont OpNo correspond à une opération buffer.
Énergie	11. Consommation Énergétique (kWh/unit)	tblfinstep	ElectricEnergyReal	Somme de ElectricEnergyReal imputée à chaque pièce/ordre.
	12. Consommation Air Comprimé (L/unit)	tblfinstep	CompressedAirReal	Somme de CompressedAirReal imputée à chaque pièce/ordre.
Stock	9. Taux d'occupation des buffers	tblbufferpos, tblbuffer	Quantity, Rows, Columns	Ratio : quantité actuelle / (Rows * Columns).
	10. Variation du niveau de stock	tblbufferpos	Quantity,TimeStamp	Analyse temporelle de Quantity.

C. Fonctions attendues

Le tableau de bord devra offrir les **fonctions suivantes** :

1. Un accès sécurisé via authentification et rôles utilisateurs.

- Login avant accès avec nom d'utilisateur et mot de passe
 - **Admin** : Visualisation + Modification + Extraction (PDF ou Excel)
 - **Responsable** : Visualisation + Extraction (PDF ou Excel)
 - **Employé** : Visualisation seulement
- Bouton « **LOGOUT** » permettant la déconnexion

2. Une actualisation automatique ou manuelle des données.

- Actualisation toute les 5 minutes
- Bouton « **Actualiser** » manuelle, permettant l'actualisation

3. Des visualisations graphiques variées

- Voir Tableau descriptif au point D ci-dessous
 - Les graphiques représentés sont des exemples de visuel voulue

4. Un système d'alerte en cas de dérive ou de seuil dépassé.

- Icône **⚠** clignotant, si valeurs du KPI sort du seuil/ dérive définie au point A.

5. Des exports PDF et Excel pour les rapports.

- Bouton pour exporter, nommé « **Export** »
 - Choix entre PDF ou Excel
 - Ajouter des filtres permettant de choisir la période voulue
 - Année → Mois → Jour → Heure

6. Une interface claire, moderne et ergonomique, adaptée à l'environnement de production.

- Performance (Rouge)
 - Carré « Performance » angle arrondi **15**, code couleur hexadécimal : **#ff0000**
 - Transparence fond : **25%**
- Qualité (Bleu)
 - Carré « Qualité » » angle arrondi **15**, code couleur hexadécimal : **#38b6ff**
 - Transparence fond : **25%**
- Energie (Vert)
 - Carré « Energie » » angle arrondi **15**, code couleur hexadécimal : **#09b200**
 - Transparence fond : **25%**
- Stock (Gris)
 - Carré « Stock » » angle arrondi **15**, code couleur hexadécimal : **#737373**
 - Transparence fond : **25%**
- Délai (Rose)
 - Carré « Délai » » angle arrondi **15**, code couleur hexadécimal : **#f2c0ff**
 - Transparence fond : **25%**
- Flèches pour montrer la tendance récente.
 - ▲ Variation positif du KPI, code couleur hexadécimal : **#16a637**
 - ▼ Variation négatif du KPI, code couleur hexadécimal : **#ff000f**

7. Affichages avancés

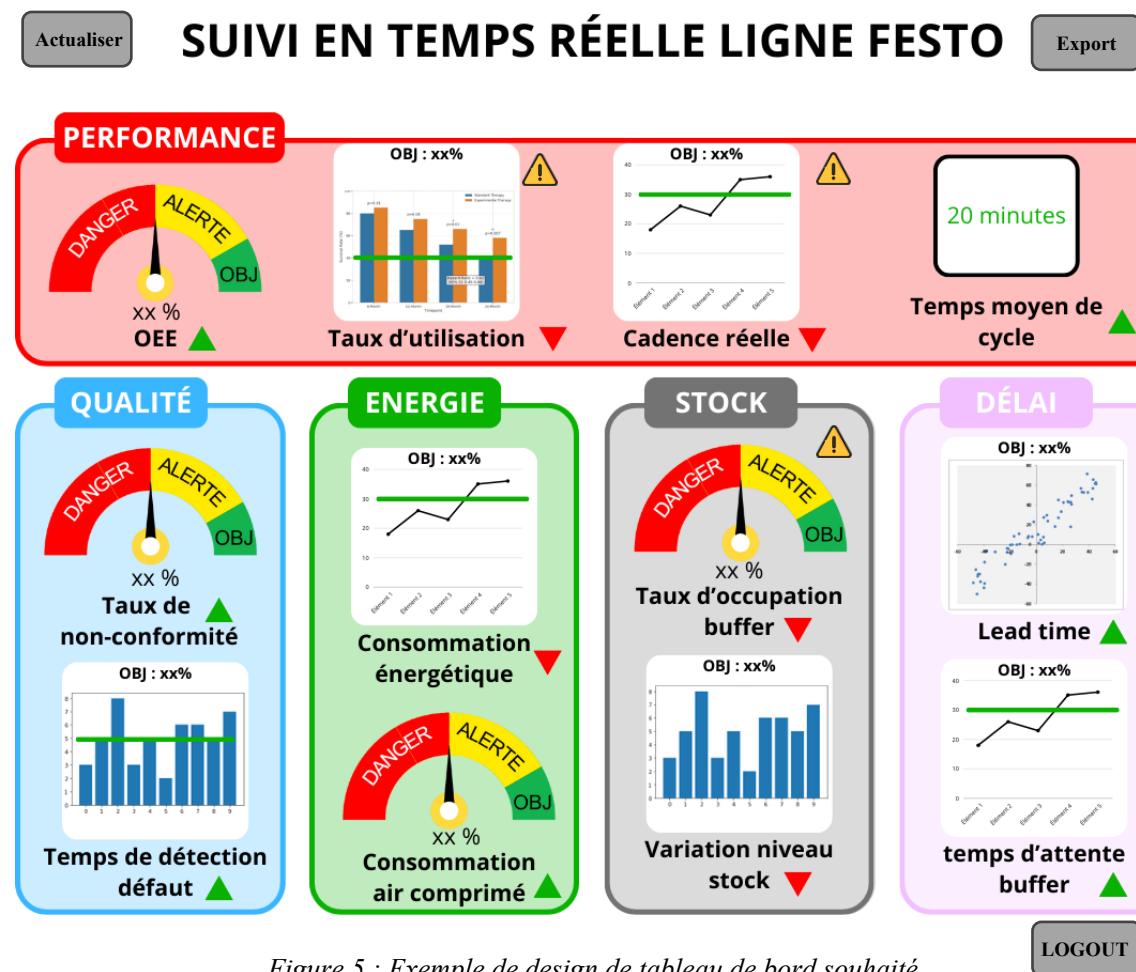
Chaque section de catégorie de KPI (ex. : Performance, Qualité, etc.) devra être cliquable afin d'afficher la section souhaitée sur une nouvelle page. Cela concernera toutes les catégories présentées précédemment dans le tableau de la page 10.

(Voir figure 6 p 15)

D. Interface voulue

Zone	KPI principaux	Visualisation graphique suggérée
Performance (en haut, priorité 1)	OEE, Taux d'utilisation, Cadence réelle, Temps moyen de cycle	<ul style="list-style-type: none"> - OEE : Jauge semi-circulaire (+objectif) - Taux d'utilisation : Histogramme ou barres horizontales - Cadence réelle : Ligne cadence nominale (barre droite objectif) avec ligne de cadence réel à coté - Temps moyen de cycle : Valeur
Qualité (En bas, à gauche)	Taux de non-conformité, Temps de détection défaut	<ul style="list-style-type: none"> - Taux de non-conformité : Jauge semi-circulaire - Temps de détection défaut : Histogramme
Énergie (En bas, milieu gauche)	Consommation énergétique, Consommation air comprimé moyen	<ul style="list-style-type: none"> - Consommation énergétique : Courbe d'évolution (Avec ligne d'objectif) - Consommation air comprimé : Jauge semi-circulaire
Stock (En bas, milieu droite)	Taux d'occupation des buffers Variation du niveau des stock	<ul style="list-style-type: none"> - Taux d'occupation buffers : Jauge - Variation du niveau des stock : Histogramme
Délai (En bas, à droite)	Lead Time/unit Temps d'attente en buffer	<ul style="list-style-type: none"> - Lead Time : Nuage de point - Temps d'attente en buffers : Courbe d'évolution

Le visuel du tableau de bord doit strictement respecter la charte graphique ci-dessus et se conformer au modèle de design présenté dans l'exemple ci-dessous.



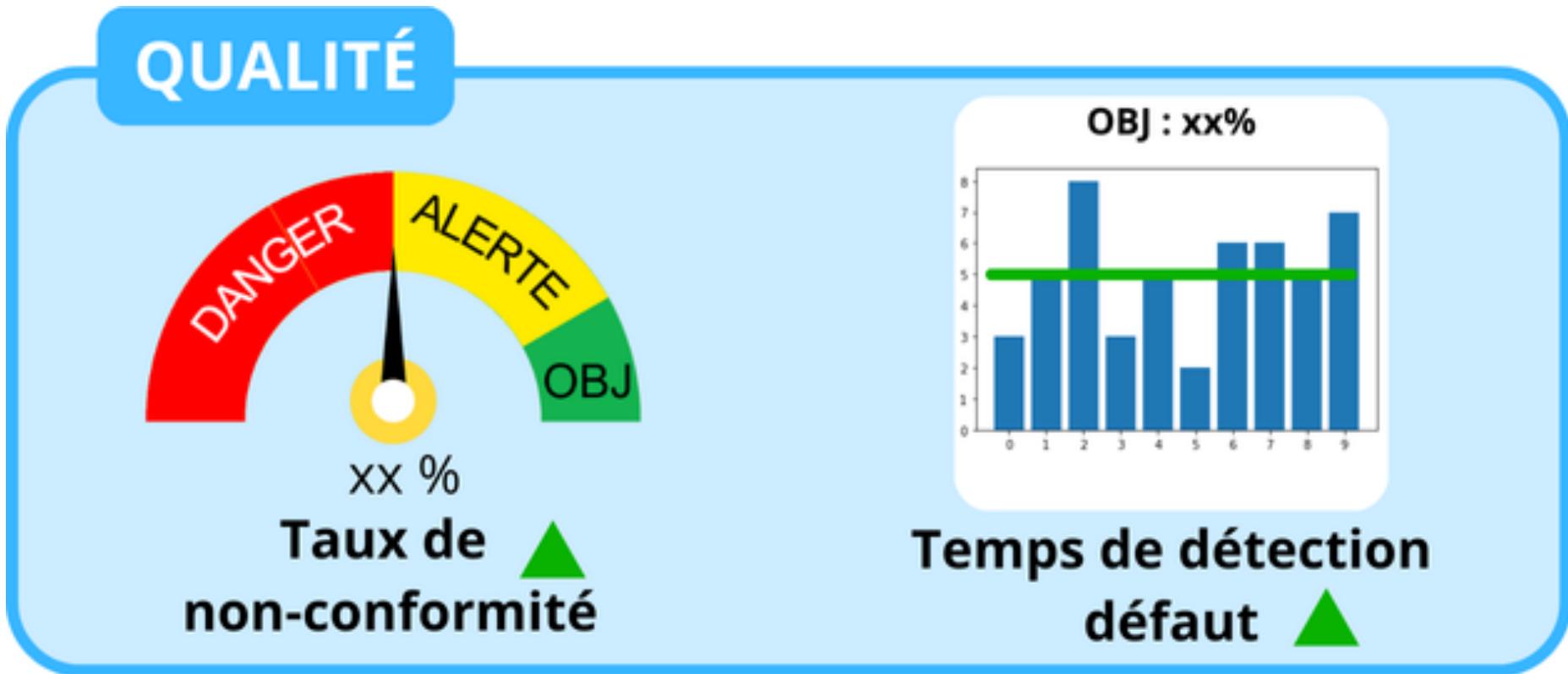


Figure 6 : Exemple d'affichage de la catégorie de KPI « Qualité »



Les données contenues dans le tableau de bord ci-dessus sont incorrect et ne sont pas à prendre en compte - *il s'agit seulement d'un modèle présentant la direction artistique que nous souhaitons prendre. *

V. Exigences techniques

Sur le plan technique, le projet s'appuiera sur une architecture simple, robuste et le développement sera réalisé en Python pour la création de l'interface graphique. La base de données utilisée sera MariaDB, déjà fournie sous forme de script SQL (FestoMES-aaaa-mm-jj.sql), hébergée dans un conteneur Docker pour simplifier le déploiement.

L'application devra être compatible avec les environnements Windows 11 et supérieurs, et accessible via un navigateur web (Google Chrome ou Microsoft Edge). Le tableau de bord pourra être exécuté localement ou déployé sur un serveur interne à l'IUT.

Les sources de données exploitées seront la base MES FESTO et les documents techniques du projet. Toutes les données devront être traitées conformément aux exigences de traçabilité et de sécurité informatique, notamment en matière de sauvegarde et de confidentialité.

VI. Qualité et validation

La qualité du produit sera assurée à chaque étape du développement. Des tests unitaires et fonctionnels seront réalisés pour vérifier la cohérence des données et la justesse des calculs. Les revues client permettront d'évaluer la conformité du travail réalisé avec les attentes du cahier des charges.

Les critères d'acceptation du projet incluent :

- L'intégration d'au moins 12 indicateurs valides et fonctionnels.
- Le bon affichage et la justesse des valeurs calculées.
- L'absence d'erreurs lors de l'exécution dans l'environnement Docker.
- Une interface graphique lisible, fluide et cohérente.

Chaque non-conformité détectée devra être corrigée avant la livraison finale du tableau de bord.

VII. Organisation du projet

Le projet est organisé autour d'une collaboration entre deux équipes :

- L'équipe QLIO, agissant en tant que client, est responsable de la définition des besoins, de la sélection des indicateurs et du suivi du projet.
- L'équipe SD, agissant comme prestataire, assure la conception technique, le développement, les tests et la documentation.

Les experts techniques – Matthieu Guillot, Benoit Riou et Jannik Laval – encadrent le projet et garantissent le respect de la méthodologie, des délais et de la cohérence globale.

Le planning prévisionnel se déroule sur l'année universitaire 2025-2026 :

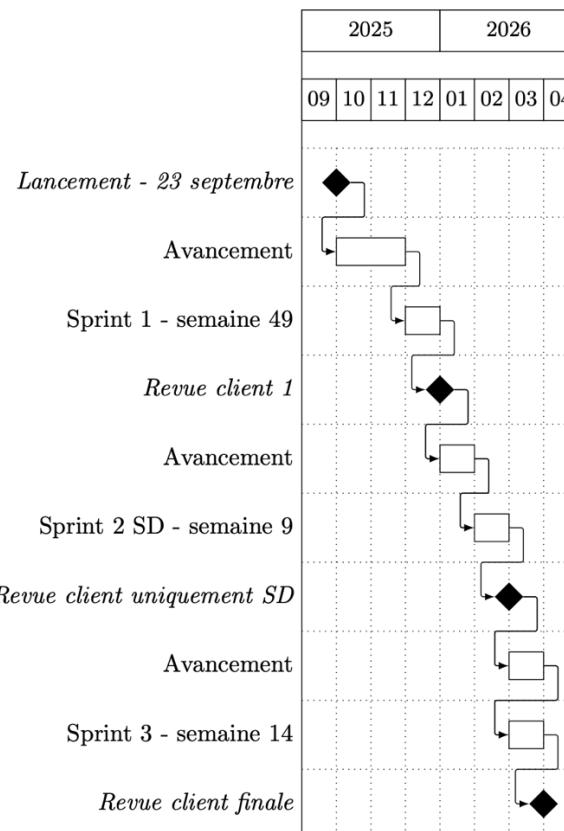


Figure 7 : Gantt project

VIII. Gestion des litiges et modifications

Toute modification du présent cahier des charges devra être validée conjointement par les deux parties et fera l'objet d'un avenant précisant les évolutions convenues. En cas de désaccord, de retard ou de non-conformité majeure, un plan d'action correctif sera mis en place. Les litiges éventuels seront traités en priorité par dialogue entre les représentants des équipes QLIO et SD, sous la supervision des enseignants encadrants.

IX. Engagement du prestataire

Le prestataire SD de l'Étage d'en Haut s'engage à respecter les exigences définies dans ce cahier des charges, à fournir un produit conforme, stable et documenté, et à collaborer activement avec le client tout au long du projet.

Il veillera à la qualité du code, à la clarté de la documentation technique et à la formation minimale des utilisateurs pour garantir une bonne prise en main du tableau de bord.

X. Acceptation du cahier des charges

Après engagement, le prestataire SD de l'Étage d'En Haut reconnaît avoir pris connaissance du présent cahier des charges relatif au projet MES4.0. Il s'engage à en respecter l'ensemble des dispositions, notamment les objectifs, le périmètre, les exigences fonctionnelles et techniques, ainsi que les modalités d'organisation et de validation décrites aux sections II à IX.

Cette acceptation vaut accord formel et engage le prestataire à exécuter les prestations dans le respect du présent document.

Signature Client :

Précédée de la mention « lu et approuvé »

Lu et approuvé



Signature Prestataire :

Précédée de la mention « lu et approuvé »

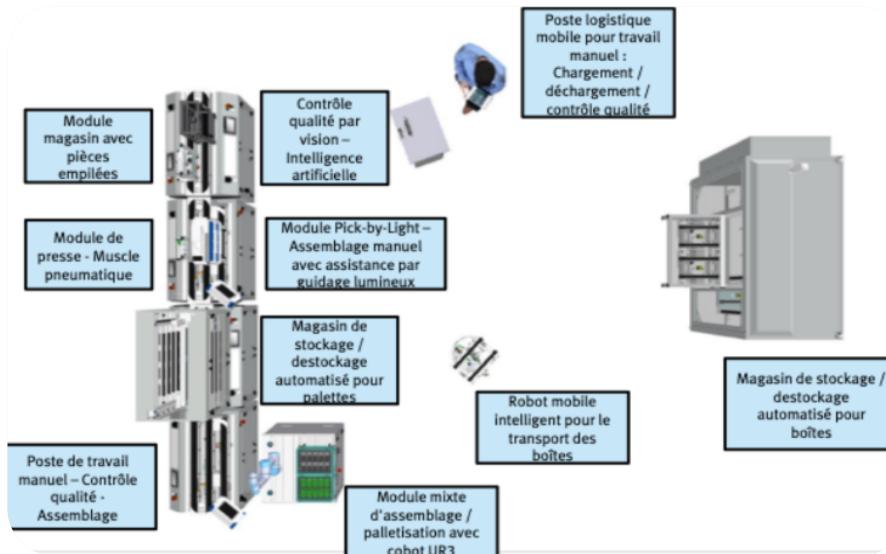
Lu et approuvé



Signé et approuvé le 03/12/2025 par les deux parties prenantes, après accord.

XI. Annexes

Figure 8 : Ligne semi automatisée



Révision du document

Version	Date de révision	Responsable
1.0	10/11/2025	Tristan BLONDIN
2.0	02/12/2025	Tristan BLONDIN