

## A. CADRE DU PROJET

### 1. Contexte

Le projet **Pick and Place** est développé dans le cadre du module **PER – Projet Éco-Responsable** (semestre 4).

Il a pour objectif de fournir une maquette pédagogique illustrant de manière concrète les enseignements en **mécanique, automatisme, électronique et IHM**.

L'idée générale du projet s'inscrit dans une réflexion née de la crise sanitaire liée à la Covid-19 : il s'agit de concevoir un système automatisé capable d'effectuer le tri de fioles contenant des doses de vaccins, illustrant ainsi une application réaliste des concepts étudiés.

Ce projet sera réalisé par une équipe de 8 étudiants à la Forge ENIB en un semestre, il doit être :

- Éco-Responsable (à travers l'utilisation de matériaux recyclables/biosourcés : bois, PLA...)
- Documenté et ouvert (les étudiants doivent utiliser des logiciels open-source et doivent aussi partager leurs plans et leurs codes)
- Conçu pour être robuste, modulable et reproductible.

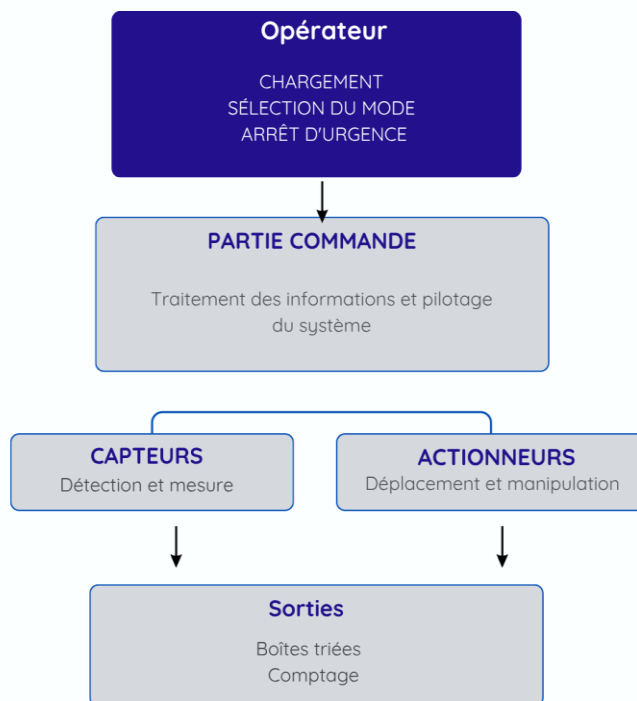
### 2. Objectifs globaux

Le système doit :

- Trier automatiquement des pièces selon leur orientation(conforme/rebut).
- Manipuler des objets via une pince pneumatique montée sur 3 axes (X, Y motorisés, Z pneumatique).
- Atteindre une cadence minimale de 60 pièces/heure.
- Garantir la sécurité des utilisateurs et de système opératif (arrêts d'urgence, protections).
- Proposer une documentation complète pour diffusion et réemploi.

Son architecture sera basée sur le schéma suivant :

## Architecture du système Pick & Place



## B. Objectifs fonctionnels

Fonction	Valeur nominale	Tolérance/Condition
<b>Cadence de tri</b>	60 pièces/heure	$\geq 60$
<b>Répétabilité XY</b>	$\pm 0,5$ mm	-
<b>Course verticale (Z)</b>	100 mm	$\pm 2$ mm
<b>Force pince</b>	5 N	$\pm 0,5$ N
<b>Taux d'erreurs de tri</b>	$\leq 1$ %	-
<b>Temps de fonctionnement</b>	10000 heures	Avec maintenance préventif
<b>Budget global</b>	$\leq 2500$ €	-

## C. Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnel du système est étudiée dans ce tableau :

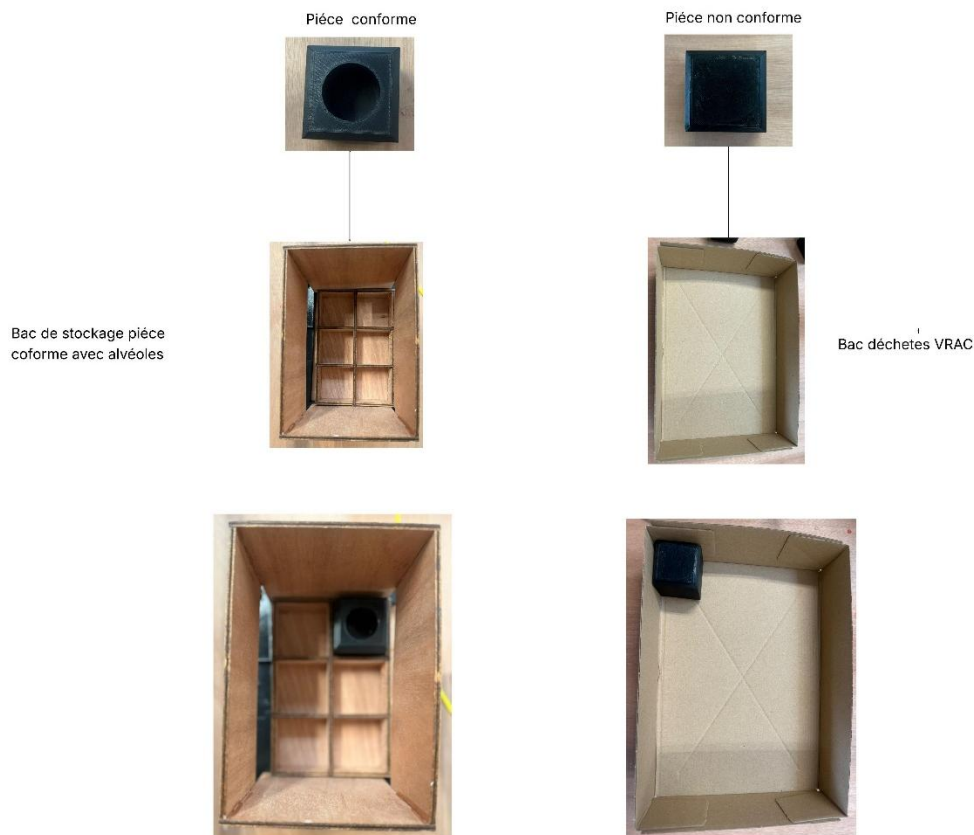
Fonctions principales N0	Sous-fonctions N1	Exigence fonctionnel
FP1 : Permettre l'interaction avec l'opérateur	FP1.1 Commander le mouvement de la pince (prise/dépôt)	Commandes accessibles sur interface ; modes manuel /semi-automatique/ auto
	FP1.2 Visualiser l'état du système	États affichés : prêt, en cycle, défaut, arrêt
	FP1.3 Sélectionner le mode de marche	Sélection directe et sûre du mode de marche
FP2 : Assurer la sécurité	FP2.1 Arrêt d'urgence	Arrêt immédiat et sûr du mouvement
	FP2.2 Détection fins de course	Fin de course fonctionnelle pour empêcher dépassements
	FP2.3 Protéger l'utilisateur	Zones à risque inaccessibles pendant le cycle
FP3 : Garantir la précision de manipulation	FP3.1 Positionner la pince avec répétabilité	Répétabilité de mise en position
	FP3.2 Détecter orientation pièce	Identifier conforme / non conforme
	FP3.3 Maintenir stabilité de la pièce	La pince doit saisir la pièce de manière sûre et répétée, sans risque de la faire tomber, ni de l'abîmer
FP4 : Assurer la transmission et le déplacement	FP4.1 Déplacer pièce horizontalement selon XY (vers la gauche/droite et l'avant/arrière)	Déplacement fluide et régulier, sans blocage
	FP4.2 Déplacer pièce verticalement selon Z pour assurer la montée et la descente.	Descente et montée sûres, sans à-coups ; respect des limites de course
	FP4.3 Déposer pièce	Positionnement correct au-dessus du bac cible avant relâchement
FP5 : Permettre le tri	FP5.1 Trier pièce conforme	La pièce doit être posée correctement dans le bac des pièces conformes, sans tomber à côté
	FP5.2 Trier pièce non conforme	La pièce doit être mise dans le bac des rebuts, sans se mélanger avec les conformes.
FP6 : Assurer la robustesse et durabilité	FP6.1 Support mécanique	Support stable, ne se déforme pas sous l'usage normal ; assemblage maintenu pendant 1000 cycles
	FP6.2 Résistance cycles	Le système conserve ses performances (cadence, précision) après au moins 1000 cycles consécutifs

Le conditionnement final des pièces triées est réalisé selon le schéma ci-dessous.

Les pièces **conformes** sont déposées automatiquement dans un **bac de stockage muni d'alvéoles** afin d'assurer leur maintien et leur protection.

Les pièces **non conformes** sont quant à elles écartées dans un **bac de déchets VRAC**, facilitant leur récupération et leur recyclage.

Voilà le schéma de conditionnement des pièces :



## D. Énergie utilisée

Forme d'énergie	Usage	Exigence
<b>Électrique (230 V)</b>	Alimentation de commande et des moteurs/API	Consommation réduite, coupure hors service
<b>Pneumatique (7 bars)</b>	Action de la pince et translation verticale (axe Z)	Limitier les fuites, coupure d'air sécurisée

## E. Contraintes éco-responsables

- Privilégier bois + PLA recyclé pour les supports et guidages.
- Modularité : sous-ensembles démontables/remplaçables.
- Limiter consommation énergétique (optimisation compresseur, moteurs).
- Diffusion open-source (plans CAO, schémas électriques, code MSP430/API).
- Réemploi pédagogique : doit être robuste pour  $\geq 3$  promotions d'étudiants.
- Adapter les choix au plus simple selon la tache demandée

## F. Procédures de test

Pour valider que le système respecte les objectifs fixés, plusieurs tests fonctionnels sont définis : La cadence est évaluée sur une durée de **10 minutes**, ce qui permet de vérifier si la machine atteint l'équivalent de **60 pièces par heure** (soit **au moins 10 pièces en 10 minutes**, avec un objectif de 12).

Des essais complémentaires portent sur la précision des déplacements, la qualité du tri, la sécurité, l'endurance, l'ergonomie de l'IHM ainsi que la consommation d'énergie.

Ces tests assurent que le projet reste **fiable, sûr, reproductible et éco-responsable**.

Test	Méthode	Critère d'acceptation
<b>Cadence</b>	Trier des pièces pendant <b>10 minutes</b> , compter le nombre obtenu	$\geq 10$ pièces en 10 min (équivalent 60/h), objectif : 12
<b>Répétabilité XY</b>	Mesure de l'écart après 10 cycles sur le même point cycles	$\pm 0,5$ mm max
<b>Orientation</b>	Trier 20 pièces aléatoires et comparer résultat attendu/obtenu	$\geq 99$ % correct
<b>Sécurité</b>	Simulation fin de course + arrêt urgence	Arrêt immédiat, remise en marche sécuritaire
<b>IHM/API</b>	Commande manuelle + auto + semi auto	Toutes fonctions accessibles

## G. Contraintes

### 1. Contraintes pédagogiques

Contrainte	Exigence/Règle
<b>Temps de réalisation</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Le projet doit être conçu et testé pendant un <b>semestre</b>.</li></ul>
<b>Accessibilité Opérateur</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>L'utilisation doit être simple et compréhensible par tout étudiant.</li><li><b>Un opérateur est nécessaire</b> pour charger les pièces.</li><li>Toute personne peut l'utiliser, sauf une personne ne voyant pas (risque sécurité).</li></ul>
<b>Documentation</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Des supports clairs doivent être fournis (schémas, notices, consignes de sécurité) pour faciliter la prise en main.</li></ul>
<b>Travail en équipe</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Les tâches doivent être réparties équitablement et permettre l'implication de tous les étudiants.</li></ul>

## 2. Contraintes éco-responsables

Contrainte	Exigence/Règle
<b>Fabrication</b>	Utiliser les moyens internes de la Forge (impression 3D, découpe laser, usinage) pour limiter l'empreinte carbone et éviter les sous-traitances.
<b>Automatisme</b>	· L'automatisme doit être <b>simple et optimisé</b> : pas de mouvements inutiles, cycles courts pour réduire l'énergie consommée.
<b>Consommation d'énergie</b>	· Réduire la consommation électrique et pneumatique. · Éviter les fuites d'air, couper les alimentations hors usage.
<b>Modularité</b>	· Les sous-ensembles doivent être démontables et réparables, pour favoriser le réemploi.
<b>Réparabilité</b>	· Le système doit être conçu de manière <b>simple et facile à réparer</b> , avec des composants standards et accessibles.
<b>Budget</b>	· Le budget global est limité à <b>2500 €</b> (achat, composants, maintenance initiale).

## H. Critique des choix non éco-responsables

Au début du projet, l'objectif principal était de faire fonctionner le système.

Certains choix n'ont donc pas été éco-responsables :

- Usage important d'air comprimé
- Pièces imprimées en 3D non optimisées
- Matériaux non recyclés...

Pour la suite, il est prévu d'optimiser les cycles d'automatisme, de réduire la consommation d'énergie, de limiter les impressions inutiles et de privilégier davantage les matériaux recyclables et démontables.

## E. Livrable attendue

### 1. Documentation finale

- Rapport technique :
  - Plans CAO d'ensemble + nomenclature.
  - Schémas électriques et pneumatiques.
  - Grafset / GEMMA modes de marche.
  - Fichier de programmation (automate et carte de commande de moteurs)
- Conformité au CDC finale.
- Notice utilisateur du système.

- Guide d'entretien / maintenance.
- Tableau récapitulatif des résultats des tests.

Livrable : fin de semestre 2026 P, machine en état de fonctionnement vis-à-vis cahier de charge et documentation papier et numérique.