



PROJET SDC2 - 12M

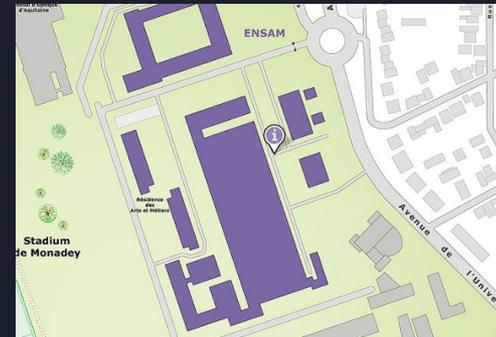
Présentation de stage Master 2

Fernandes Lopes João - 20 juin 2025

Introduction - Contexte

Stage effectué dans le cadre de la formation du Master Informatique en spécialité ASPIC (Autonomous Systems, Perception, Interaction & Control), dont la durée pratique est de 4 à 6 mois.

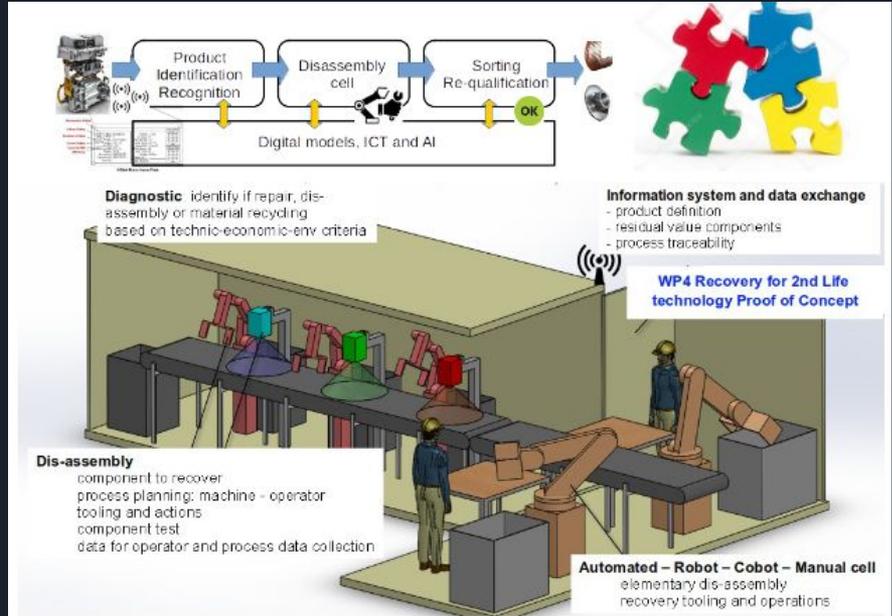
Ici le stage est fait dans l'enceinte de l'I2M, le laboratoire de la déconstruction - reconstruction en mécanique sur le site de l'ENSAM à l'Université de Bordeaux. Le sujet rentre dans le cadre du projet SDC2 mis en place au laboratoire.



Introduction - Sujet

Le projet SDC2 pour Smart Disassembly Cell for Circularity of WEEE, e-Motors & Power-converter, est l'élément principal du sujet dont le but d'implémenter une économie circulaire au sein de l'industrie 4.0.

La problématique principale en jeu est le recyclage, désassemblage et réutilisation de matériaux et composants de déchets électroniques, que l'on va qualifier de WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment)



Introduction - Problématique

Les matériaux et composants ne sont jamais récupérés correctement :

- En 2020 en France, seulement 40% des appareils électriques et électroniques en panne sont réparés.
- Dans le secteur des biens consommateurs, environ 80% des 3.2 trillions de dollars en valeurs matériaux de ces biens sont perdus et irrécupérables chaque année dans le monde.
- Les matériaux comme l'argent ou d'autres pourraient être épuisés dans 5 à 50 ans.
- Économiquement, l'économie circulaire pourrait baisser le coût de production des produits, réduire leur prix de 25 à 30% en Europe.





Introduction - Problématique

Deux points principaux se distinguent au sein de cette problématique, qui rend l'installation de cette économie circulaire dans l'industrie 4.0 :

- Problèmes de designs et d'architectures techniques des produits électroniques du côté fabricants et designers
-
- Manque d'outils et de méthodes pour identifier les produits réparables, comment les réparer, les désassembler, etc.



Objectifs

Au cours du stage, nous allons plutôt nous intéresser au second point présenté précédemment. Nous allons avancer des recherches pour développer une méthode fiable pour mener à bien le désassemblage et le recyclage de composants électroniques dans le contexte de PCB pour électronique de puissance et micro-électronique.

La mise en situation est la suivante :

- Nous avons un tapis sur lequel nous mettons un PCB quelconque. En passant au travers de notre cellule de désassemblage, nous devons à la fin avoir récupéré les matériaux et composants d'intérêt présent sur le PCB.



Etat de l'art

De nos jours jusqu'à présent, l'industrie se base sur un modèle linéaire, où on fabrique, utilise puis jette le produit utilisé.

- L'industrie est responsable de la fin de vie des produits, ce qui entraîne souvent des programmes de reprise de produits en fin de vie.
- Les produits électriques et électroniques sont regroupés en masse pour en faire le désassemblage manuellement ce qui est encore très commun, ou maintenant avec l'avancée de la robotique et de l'IA, désassemblage automatique des produits.
- Une fois désassemblés, souvent, nous allons broyer/couper les produit en plus petits morceaux.

Etat de l'art

Plusieurs procédés de séparations de matériaux existent, pour en lister certains :

- Séparation magnétique pour les métaux ferreux
- Séparateur à courants de Foucault pour les métaux non-ferreux
- Séparation par électricité statique pour séparer les métaux des matériaux non-conducteurs

Nous allons dans notre cas beaucoup nous intéresser à une méthode qui voit son utilisation augmenter de plus en plus, la reconnaissance par vision par ordinateur avec de l'IA le tout automatisé pour un cobot.





Avancement du stage

Nous pouvons séparer en deux parties le travail fourni jusqu'à présent :

1. Travail pratique en vision par ordinateur et robotique. Ici, nous parlerons plus en détail d'une solution testée petit à petit au fil de stage, basé sur un modèle de reconnaissance de composants, lecture de références ainsi que son implémentation sur bras robotique.
2. Travail de recherche sur les différentes approches possibles. Dans cette partie, il est question de mener à bien le travail de recherche et développement du sujet, en détaillant les approches qui sont possibles pour répondre à la problématique et apporter le plus recherches possibles dessus.



Avancement du stage - Pratique

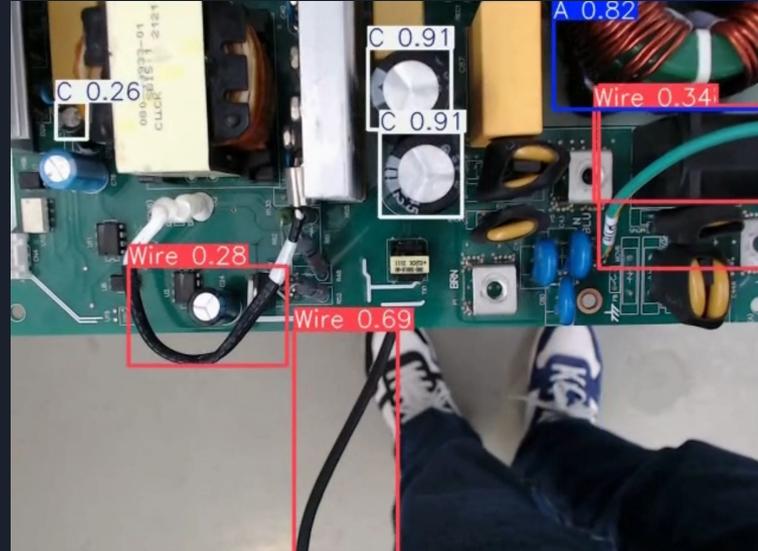
Pour la pratique, trois points principaux peuvent être mentionnés :

- Modèle de vision par ordinateur, pour reconnaissance de composant électronique sur PCB basé sur le modèle YoloV8s. Reconnaissance de 7 composants distincts, dont les câbles.
- Modèle de lecture de références, basé sur OCR de Tesseract. Lecture de certaines références, mais version pas encore au point
- Début d'implémentation sur le bras robotique Doosan. Calibration de la caméra embarquée sur le bras, et début de travail ROS2 sur la simulation Gazebo.

Avancement du stage - Pratique



Lecture OCR des références



Détection de composants par le modèle YoloV8



Caméra SensoPart RoboticsR3 sur Doosan M1013



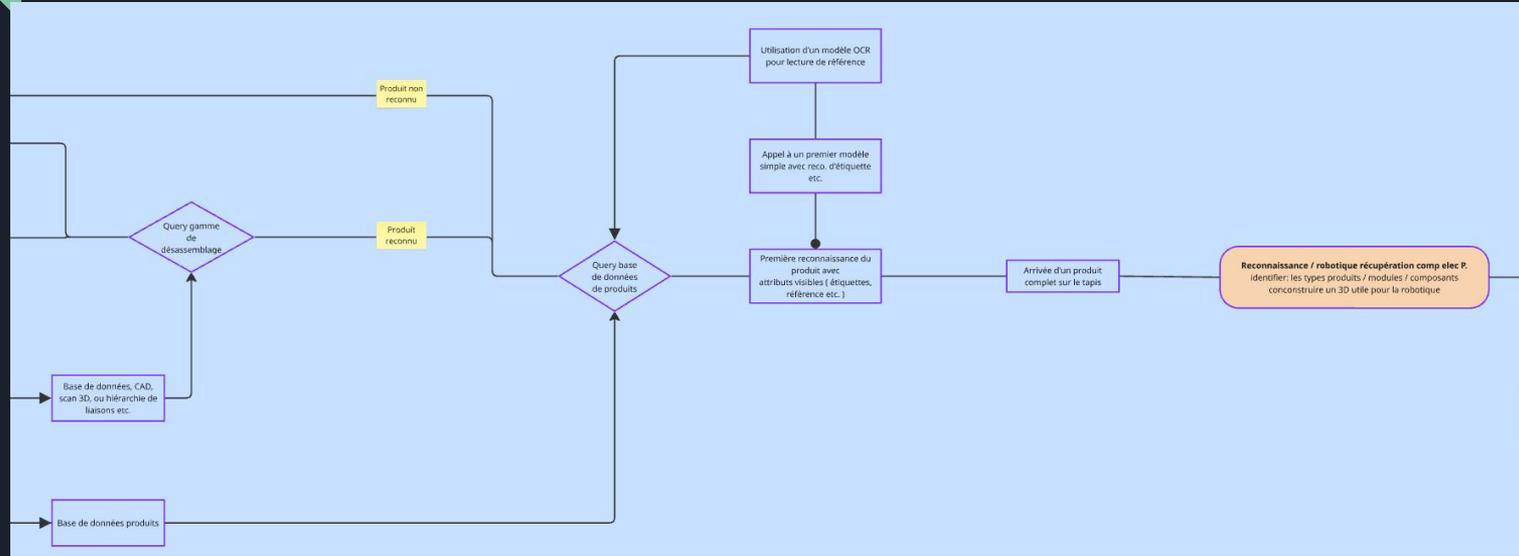
Avancement du stage - Théorique

La recherche à elle aussi une place très importante au sein du projet, car au fil des avancements, il faut par exemple commencer à trouver un moyen d'intégrer les nouvelles briques que l'on trouve à notre cellule de désassemblage.

Beaucoup de recherches doivent être faites individuellement sur chacune des briques, pour faire un comparatif avec les différentes approches possibles, leurs avantages et défauts, etc.

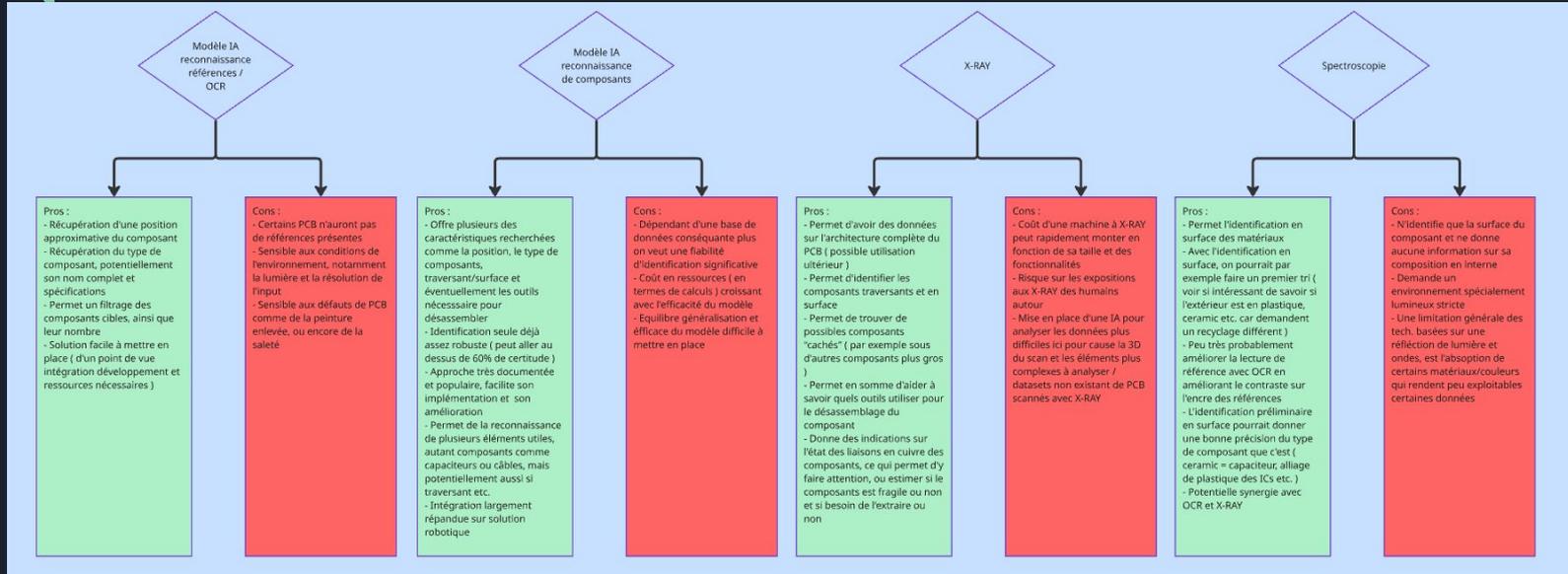
Maintenir un état de l'art en permanence en lisant de la littérature scientifique est crucial pour avancer des recherches cohérentes et à jour sur ce qu'il se fait dans le milieu de l'industrie 4.0

Avancement du stage - Théorique



Extrait d'un plan d'action de la cellule de désassemblage

Avancement du stage - Théorique



Extrait des avantages et défauts des certaines approches possibles



Perspectives

Beaucoup d'éléments autant du côté pratique que théorique sont à poursuivre, et plusieurs pistes d'amélioration pour la suite du stage sont déjà envisagées :

- Amélioration du modèle de reconnaissance en utilisant l'extracteur de caractéristiques du modèle Lego.
- Mise en place de la première logique pour le fonctionnement du bras robotique.
- Début d'une première architecture de la cellule de désassemblage en fonction des briques technologiques jugées les plus pertinentes.
- Amélioration du modèle OCR avec d'autres input différents, luminosité différente etc.



Bilan

Dans le but du stage, nous devons avancer autant de recherches et de pistes que possibles pour nous rapprocher d'une solution efficace et robuste qui permettrait de répondre au problème de récupération et de recyclage de matériaux sur les PCB d'électronique de puissance et micro-électronique.

Nous avons pour l'instant plusieurs sérieux avancements pour des briques technologiques très prometteuse, comme par exemple le modèle de vision pour la reconnaissance de composants et la lecture de références, ou encore les rayons X pour apporter plus de détails sur l'architecture du PCB.



Conclusion

L'intégration de l'économie circulaire au sein de l'industrie 4.0 qui en pleine expansion est un travail qui se fait sur plusieurs plans, que l'on ne peut pas couvrir avec une seule équipe. D'une part, on pourrait résoudre les problèmes de design de produits directement à la conception, mais il faudrait encore mettre en place des solutions robuste sur les sites de tri et recyclage pour pouvoir tirer profit de ces designs en les désassemblant.

Le sujet SDC2 est une association très intéressante d'un travail de recherche et développement, avec un aspect de pratique et d'intégration qui permet de développer des compétences sur ces deux plans.



Bibliographie