

DÉPARTEMENT TIN - FILIÈRE MICROTECHNIQUES  
OPTION ROBOTIQUE ET CONCEPTION MICROTECHNIQUE

---

# Conception d'un système automatisé permettant le cassage de microcapsules en verre et la libération contrôlée de réactifs chimiques

---

TRAVAIL DE BACHELOR

**ETH** zürich

**EPFL**



*Réalisé par :*  
Arnaud ARPINO

*Proposé par :*  
EPFL - Swiss Cat +  
Keyan VILLAT  
Henryk ZOLNOWSKI

*Supervisé par :*  
Giuseppe COSTANZO

Année académique 2024-2025



# Préambule

Ce travail de Bachelor (ci-après TB) est réalisé en fin de cursus d'études, en vue de l'obtention du titre de Bachelor of Science HES-SO en Ingénierie. En tant que travail académique, son contenu, sans préjuger de sa valeur, n'engage ni la responsabilité de l'auteur, ni celles du jury du travail de Bachelor et de l'École. Toute utilisation, même partielle, de ce TB doit être faite dans le respect du droit d'auteur.

HEIG-VD  
Le Chef du Département

Yverdon-les-bains, le 25 février 2025



# Authentification

Je soussigné, Arnaud Arpino, atteste par la présente avoir réalisé seul ce travail et n'avoir utilisé aucune autre source que celles expressément mentionnées.

Arnaud ARPINO

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'A' followed by a series of loops and a horizontal stroke.

Yverdon-les-bains, le 25 février 2025



# Complémentaire concernant l'utilisation d'outils d'intelligence artificielle

L'utilisation limitée d'outils dits d'intelligence artificielle ou plus particulièrement de LLM (Large Language Models) a été validée avant le début de ce travail de bachelor pour les utilisations spécifiques suivantes :

Utilisation de ChatGPT de l'entreprise OpenAI versions GPT-3, GPT-4 et ChatGPT-4-turbo pour obtenir rapidement des informations servant de double vérifications, de correction orthographique, de reformulation lors de la rédaction, d'aide pour le langage LATEX, d'aide pour les langages de programmation python et autres langages utiles à la programmation du bras robotisé robot.

Je soussigné, M. Arnaud Arpino, atteste par la présente avoir nullement utilisé de logiciels de génération de texte automatique pour la rédaction de ce document sans réflexion personnel au préalable et que toutes les ressources spécifiques utilisées se trouvent dans la bibliographie ou en annexe de ce rapport.

Arnaud ARPINO

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'A' followed by a series of loops and a horizontal stroke.

Yverdon-les-bains, le 25 février 2025





# Résumé



# Table des matières

<b>Préambule</b>	<b>ii</b>
<b>Authentification</b>	<b>iv</b>
<b>Complémentaire concernant l'utilisation d'outils d'intelligence artificielle</b>	<b>vi</b>
<b>Résumé</b>	<b>viii</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>1</b>
1.1 Contexte . . . . .	1
1.2 Description du projet . . . . .	1
1.3 Organisation . . . . .	1
<b>2 Cahier des charges</b>	<b>2</b>
2.1 Définitions . . . . .	2
2.2 Analyse du besoin . . . . .	2
2.3 Fonctions et exigences du système . . . . .	3
2.3.1 Fonctions de services . . . . .	3
2.3.2 Fonctions techniques . . . . .	3
2.3.3 Fonctions de contraintes . . . . .	3
<b>3 Catalogue des solutions</b>	<b>4</b>
3.1 Liste des solutions envisagées . . . . .	4
3.1.1 Canon à azote . . . . .	4
3.1.2 Implosion de la capsule . . . . .	4
3.1.3 Actionneur mécanique . . . . .	4

## Liste des tableaux

1	Liste des besoins du système . . . . .	2
2	Fonctions de service . . . . .	3
3	Fonctions techniques . . . . .	3
4	Fonctions de contrainte . . . . .	3

## Table des figures

1	Diagramme bête à corne . . . . .	2
---	----------------------------------	---

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte

Dans le cadre de formation de microtechnicien, l'étudiant doit réaliser un Travail de Bachelor pour valider ses compétences. L'avancement de ce travail peut se déroulé à l'HEIG salle C26, au laboratoire Swiss Cat + de l'EPFL ou à distance, selon les règles établies par les enseignants et responsables des locaux. Le projet doit être réalisé sur une durée de 420 heures, réparties entre mi février et la fin du mois de juillet.

## 1.2 Description du projet

## 1.3 Organisation

## 2 Cahier des charges

### 2.1 Définitions

- **Micro-capsules** : petit cylindres en verre fermés des deux côtés (borosilicate).  
Diamètre extérieur =  $2,8 \pm 0,05$  mm ;  
Diamètre intérieur =  $2,5 \pm 0,05$  mm ;  
Longueur = 10 mm
- **Réacteurs** : Flacons à sertir en verre dimension : 11 mm, 12 x 32, 2 ml  
REF : 11211-CASE « Para-Dox »
- **Bloc de réaction** : Plaques « Para-Dox » avec 48 positions, Gen II, pour flacons 12 x 32

### 2.2 Analyse du besoin

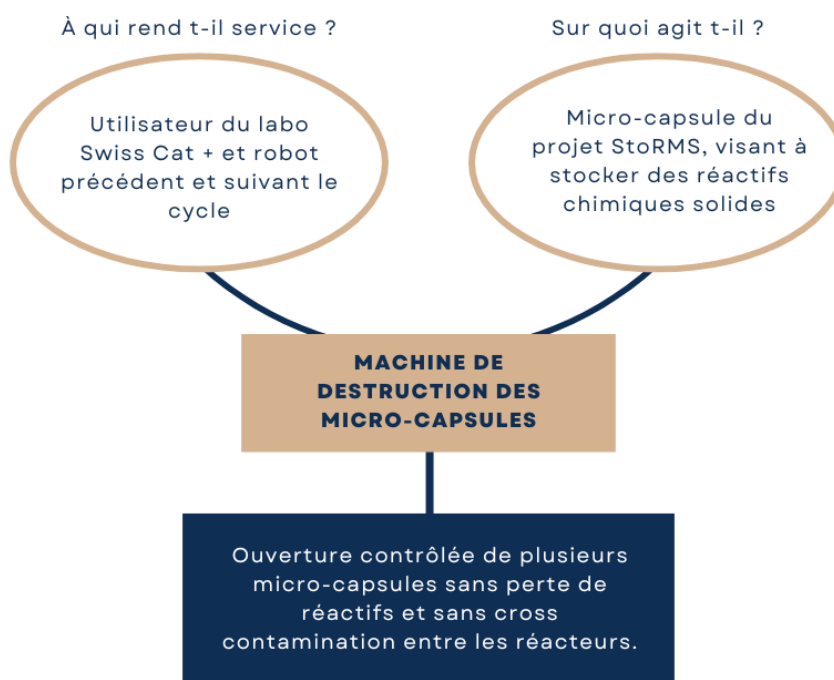


FIGURE 1 – Diagramme bête à corne

#	Besoin
1	Ouvrir des micro-capsules
2	

TABLE 1 – Liste des besoins du système

## 2.3 Fonctions et exigences du système

### 2.3.1 Fonctions de services

Les fonctions de services correspondes aux exigences principales du produits (réflexions basé sur cahier des charges du projet multi 2024 [1]).

Fonctions de service		Exigences	
FS 1	Doit être en mesure de détruire plusieurs micro-capsules dans un réacteur.	E 1	Libération totale du réactif (débris de verres inclus)
FS 2	Doit effectuer la fonction sur tout les réacteurs de la plaque para-dox.	E 2	Répétabilité de la tâche 48 fois par plaque
FS 3		E 3	

TABLE 2 – Fonctions de service

### 2.3.2 Fonctions techniques

Fonctions techniques		Exigences	
FT 1	Doit fonctionner dans un environnement contrôlé.	E 5	Glove box rempli uniquement d'azote à température ambiante et en surpression.
FT 2	Doit être dépannable facilement.	E 6	Accessibilité simple et adapté à un laborantin de chimie.
FT 3	Doit alerter l'utilisateur en cas de défaillance et éviter l'endommagement des appareils.	E 7	Capteurs ou système de sécurité en cas de défaillance ou conditions anormale..
FT 4	Doit assurer la sécurité de l'utilisateur en cas de défaillance.	E 8	Protection contre les débris de verre.

TABLE 3 – Fonctions techniques

### 2.3.3 Fonctions de contraintes

Fonctions de contrainte		Exigences	
FC 1	Doit éviter la cross contamination entre les réacteurs	E 9	Système anti-projection
FC 2	Doit s'assurer de la libération du réatif	E 10	Vérification du cassage

TABLE 4 – Fonctions de contrainte



## 3 Catalogue des solutions

### 3.1 Liste des solutions envisagées

#### 3.1.1 Canon à azote

#### 3.1.2 Implosion de la capsule

#### 3.1.3 Actionneur mécanique

## Signature

Yverdon, 25 février 2025

Arnaud Arpino

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'A' with a horizontal line crossing it, followed by a loop and a vertical stroke.

## Références

- [1] Arnaud ARPINO et al. *Cahier des charges*. Rapp. tech. HEIG-VD, 2024.