

Analyse des bulles (application de méthanation)

1 Introduction

Ce projet d'étude a pour objectif de vous faire appliquer les connaissances acquises dans cette UE à travers un exemple concret. Il s'agit de réaliser une application python en ligne de commande qui permettra d'analyser des images acquises par un dispositif expérimental de surveillance des bulles. Le contexte applicatif est la méthanation biologique EX-SITU qui présente plusieurs enjeux environnementaux : traitement des eaux usées, production de biogaz, etc...

2 Organisation du projet

La classe sera répartie en groupes (mêmes groupes que pour l'étude du début de cours). Tous les groupes travailleront sur le même projet, décrit dans ce document. Le projet se déroulera sur les 6 dernières séances de ce cours. Le plan de travail est le suivant :

- Séance 1 : Présentation du projet, répartition des tâches par groupe, recherche bibliographique et technique
- Séance 2 : Développement des algorithmes et des programmes
- Séance 3 : Revue de projet et poursuite du développement
- Séance 4 : Poursuite du développement
- Séance 5 : Poursuite du développement
- Séance 6 : Présentation des résultats (soutenance orale avec démo) 10 minutes + 5 minutes de questions par groupe.

Chaque groupe d'étudiants devra rendre un rapport de projet d'étude. Ce dernier devra contenir les éléments suivants :

- Une page de garde avec le titre du projet, le nom des étudiants, le nom de l'UE, le nom de l'université et la date.
- Un résumé de 10 lignes maximum.
- Une table des matières.
- Une introduction présentant le contexte du projet, les objectifs et les méthodes utilisées.
- Un développement détaillé des algorithmes et des programmes.
- Une présentation des résultats obtenus.
- Une conclusion.
- Une bibliographie.

Le rapport devra être écrit en français et ne devra pas dépasser 15 pages. Le contenu du rapport devra insister sur l'argumentation des choix réalisés dans la chaîne de traitement. Il sera rédigé avec vos propres mots. Les copier-coller de texte sans référence seront sanctionnés. Il en sera de même pour l'utilisation de ChatGPT ou tout autre outil de génération de texte basé sur l'IA. Le rapport devra être rendu au plus tard le 30 avril sur Moodle. La soutenance orale aura lieu lors de la dernière séance : le vendredi 5 avril de 11h15 à 13h.

Les codes sources commentés des programmes développés devront aussi être rendus sur Moodle ainsi que les présentations orales sous format pdf. Ce projet donnera lieu à deux notes : 1) une note sur le rapport et les codes sources générés qui sera considérée comme une note de TP et 2) une note sur l'assiduité et la soutenance orale considérée de manière séparée.

3 Présentation du projet

3.1 Contexte

Ce projet d'étude s'inscrit dans un projet porté par l'axe GPEB de l'institut Pascal. Parmi ses travaux de recherche, l'axe GPEB s'intéresse à la méthanation biologique EX-SITU. La méthanation biologique EX-SITU est un procédé de traitement des eaux usées qui consiste à transformer les matières organiques en méthane. Ce procédé est réalisé par des bactéries méthanogènes. Ces bactéries sont capables de transformer les matières organiques en méthane et en dioxyde de carbone. La méthanation biologique EX-SITU est réalisée dans des réacteurs biologiques. Ces réacteurs sont constitués de colonnes remplies de supports sur lesquels les bactéries se fixent. La figure 1 montre un schéma de principe d'un ce processus.

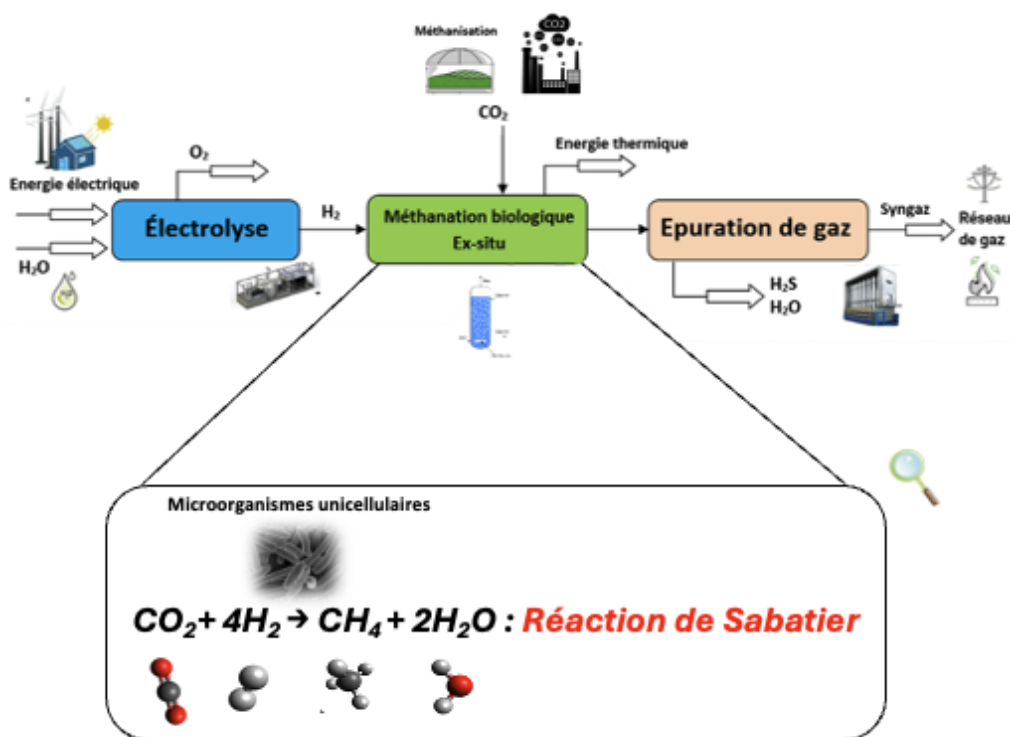


FIGURE 1 – Schéma de principe d'un réacteur biologique

Le contrôle de ce processus et plus particulièrement la surveillance des bulles de gaz introduites dans le réacteur ou produites par les bactéries est un enjeu important. Elles permettent de suivre l'activité des bactéries. Pour cela, un dispositif a été mis en place

pour expérimenter des processus d'acquisition d'images et d'analyse des bulles. La figure 2 montre un schéma de principe de ce dernier.



FIGURE 2 – Schéma de principe du dispositif expérimental de surveillance des bulles

La figure 3 montre un exemple d'image acquise par le dispositif expérimental. L'objectif est d'analyser les bulles présentes dans l'image. Pour cela, nous disposons de deux types de données :

- Les images acquises par le dispositif expérimental. Ces images sont stockées dans un format tiff
- Les données associées à chaque image. Ces données sont stockées dans un fichier csv. Chaque ligne de ce fichier contient les informations suivantes :
 - le numéro de la bulle
 - Les coordonnées X et Y du centre de la bulle
 - Les demi-axes de l'ellipse associée à la bulle (taille de l'axe le plus long et taille de l'axe le plus court)
 - L'angle de rotation de l'ellipse (en degrés)

La figure 4 montre un exemple de fichier csv et l'image 5 montre les notations utilisées pour décrire une ellipse.

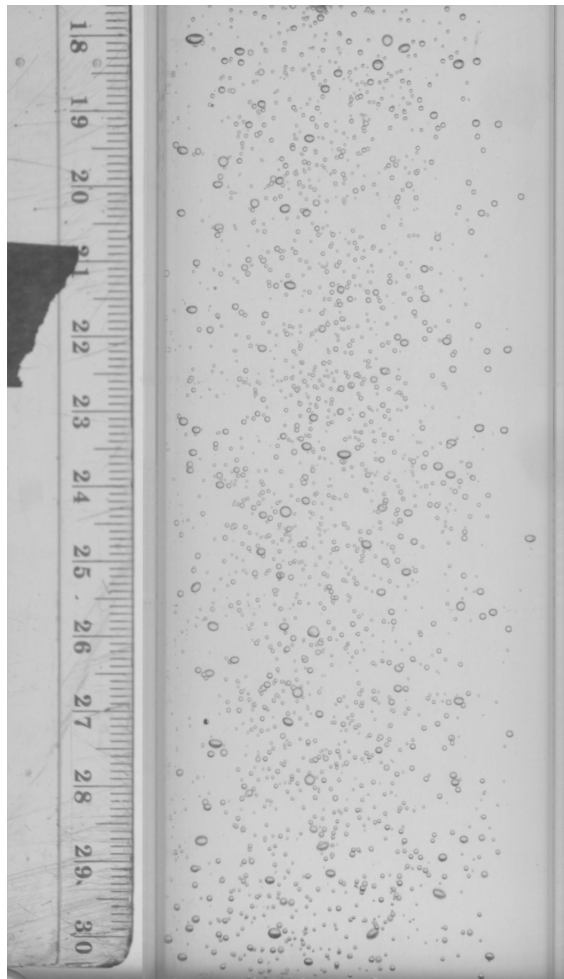


FIGURE 3 – Exemple d'image acquise par le dispositif expérimental

n° bulle	X	Y	Major	Minor	Angle
1	282.179	9.179	6.012	5.930	45.010
2	294.500	11.500	5.171	5.171	0.000
3	312.694	13.274	6.626	5.957	84.388
4	436.900	14.040	7.985	7.973	111.801
5	573.766	17.594	9.322	8.741	68.341
6	323.770	17.797	7.056	6.677	90.125
7	395.000	18.744	10.243	10.193	0.000
8	246.500	17.000	3.385	2.257	0.000
9	234.265	20.618	7.359	5.883	78.879

FIGURE 4 – Exemple de fichier csv

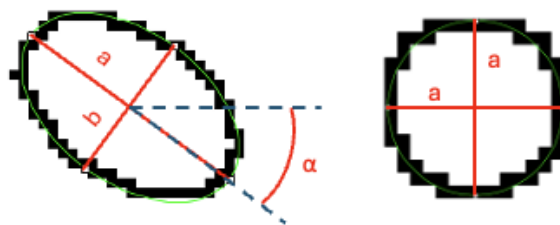


FIGURE 5 – Notations utilisées pour décrire une ellipse

4 Travail à réaliser

Chaque groupe devra réaliser une application python en ligne de commande qui permettra de réaliser les tâches suivantes :

- A partir d'un nom de dossier, téléchargement des images contenues dans ce dossier et des données associées (fichier tiff et fichier csv) ¹.
- Pour chaque image, vous devez extraire toutes les bulles présentes dans l'image à partir du fichier csv qui fournit une ellipse associée à chaque bulle et calculer les indicateurs suivants :
 - le périmètre de la bulle. Ce périmètre sera calculé à partir de l'ellipse associée à la bulle.
 - La surface de la bulle. Cette surface sera calculée à partir de l'ellipse associée à la bulle.
 - Les moments d'ordre 2, 3 et 4 de la bulle. En analyse de formes, ces moments représentent des caractéristiques globales de la forme de la bulle. Ces moments sont aussi appelés covariances, asymétries et kurtosis. Ces moments seront calculés sur les points 2D appartenant aux bulles qu'il faudra extraire de l'image par des techniques de traitement d'images (morphologie mathématique, binarisation, etc).
- Pour chaque image, vous devez afficher les indicateurs calculés pour chaque bulle dans un fichier csv dont le nom est le nom de l'image, suivi de `_out.csv`. Chaque ligne de ce fichier contiendra les informations d'une bulle : numéro de la bulle, périmètre, surface, moments d'ordre 2, 3 et 4.
- Vous devez aussi calculer l'histogramme des surfaces des bulles pour chaque image et sauvegarder la figure dans un fichier pdf dont le nom est le nom de l'image, suivi de `_hist.pdf`.

Le programme en ligne de commande comportera les options suivantes :

- `-h` : affichage de l'aide
- `-i` : nom du dossier contenant les images et les fichiers csv associés
- `-o` : nom du dossier où seront sauvegardés les fichiers csv contenant les indicateurs et les histogrammes des surfaces

D'un point de vue technique, vous devrez utiliser les bibliothèques suivantes :

- `numpy` pour les calculs
- `pandas` pour la manipulation des données

1. Chaque image tiff est associée avec un fichier csv dont la description est donnée plus loin

- `matplotlib` pour les graphiques
- `opencv` pour le traitement d'images
- `argparse` pour la gestion des options en ligne de commande

D'autre part, votre code devra être organisé en modules. Vous devrez avoir un module pour le téléchargement des images et des données (nommé `download.py`), un module pour le traitement des images (nommé `process.py`) et un module pour l'analyse des données (nommé `analyze.py`). Vous devrez aussi avoir un module principal (nommé `main.py`) qui permettra de lancer le programme en ligne de commande. Chaque fonction devra être commentée et vous devrez utiliser des docstrings pour décrire les fonctions.

Annexe : revues de projet

Une revue de projet est prévue lors de la séance 3. Chaque groupe devra présenter l'avancement de son projet. La présentation devra contenir les éléments suivants :

- Rappel du contexte du projet
- Présentation d'un plannig de travail
- Présentation de la répartition des tâches entre les membres du groupe
- Présentation des difficultés rencontrées

Ces éléments seront reportés sur un diaporama, fourni à la fin du projet.