

EFFICACITE

ENERGETIQUE

DOCUMENT PEDAGOGIQUE

# TP Enveloppes de flammes non-prémélangées d'hydrocarbures

PLATEFORME D'INGENIERIE EXPERIMENTALE  
CAMPUS DE ST CYR L'ECOLE – BATIMENT 10

## Table des matières

A.	Introduction .....	2
B.	Présentation du dispositif .....	2
1.	Manipulations .....	2
2.	Brûleur.....	2
3.	Ecoulements.....	2
4.	Méetrologie.....	3
a)	Débit-mètres.....	3
b)	Visualisation.....	3
C.	Etudes paramétriques .....	3
1.	Sensibilité au débit combustible.....	3
2.	Sensibilité au débit d'air.....	3
3.	Sensibilité à la nature du combustible.....	4
D.	Résultats et discussion.....	4
1.	Traitement d'image.....	4
2.	Sensibilités des caractéristiques géométriques de la flamme.....	4
3.	Biais expérimentaux.....	4



L'objectif premier de cette séance de travaux pratiques consiste en la détermination expérimentale des enveloppes de flammes stationnaires établies sur un brûleur académique. Pour ce faire, un écoulement laminaire d'un hydrocarbure gazeux alimente une flamme non-prémélangée brûlant dans un jet d'air co-courant. Les paramètres de l'étude sont la nature et le débit de l'hydrocarbure, ainsi que le débit d'air. Un appareil photo produit des visualisations directes des différentes flammes observées. Un programme réalisé sous Matlab fournit le traitement d'image nécessaire à l'extraction des enveloppes de flammes et à la détermination de ses caractéristiques, tels que le diamètre maximal et la longueur de flamme.



*Mots-clés : flammes non-prémélangées, visualisations, enveloppe de flamme*

## A. Introduction

Les caractéristiques géométriques et spectrales d'une flamme non-prémélangée d'un combustible sont des éléments déterminant la capacité de ce dernier à produire une puissance thermique. A titre d'illustration, la longueur de flamme influence la distribution spatiale de la puissance volumique libérée par la combustion de l'hydrocarbure, donc son exploitation.

Les travaux ici proposés vous permettent d'appréhender de façon expérimentale la notion d'enveloppes de flamme d'hydrocarbures légers, que sont le méthane et le propane, et d'en tester la sensibilité aux différents débits alimentant la flamme.

## B. Présentation du dispositif

### 1. Manipulations

La maîtrise des débits, en particulier de combustible, est essentielle à la sécurité de l'installation. En cas de doute, entreprenez-vous avec l'encadrant avant toute action.

Mémorisez bien en début de séance la localisation des vannes, qui, en cas d'urgence, empêchent toute alimentation de la combustion.

### 2. Brûleur

La figure 1 expose en coupe la structure du brûleur. L'ensemble a été dimensionné afin d'établir des écoulements laminaires. A partir des viscosités cinématiques reportées dans le tableau de la figure 2 et sachant que le diamètre intérieur du tube axial est de 11 mm, calculez le nombre de Reynolds à la sortie de l'écoulement combustible pour le débit maximal de méthane autorisé par les débit-mètres.

### 3. Ecoulements

Un réseau d'air comprimé alimente l'écoulement d'air. Chaque combustible provient d'une bouteille Air Liquide sous pression.

3

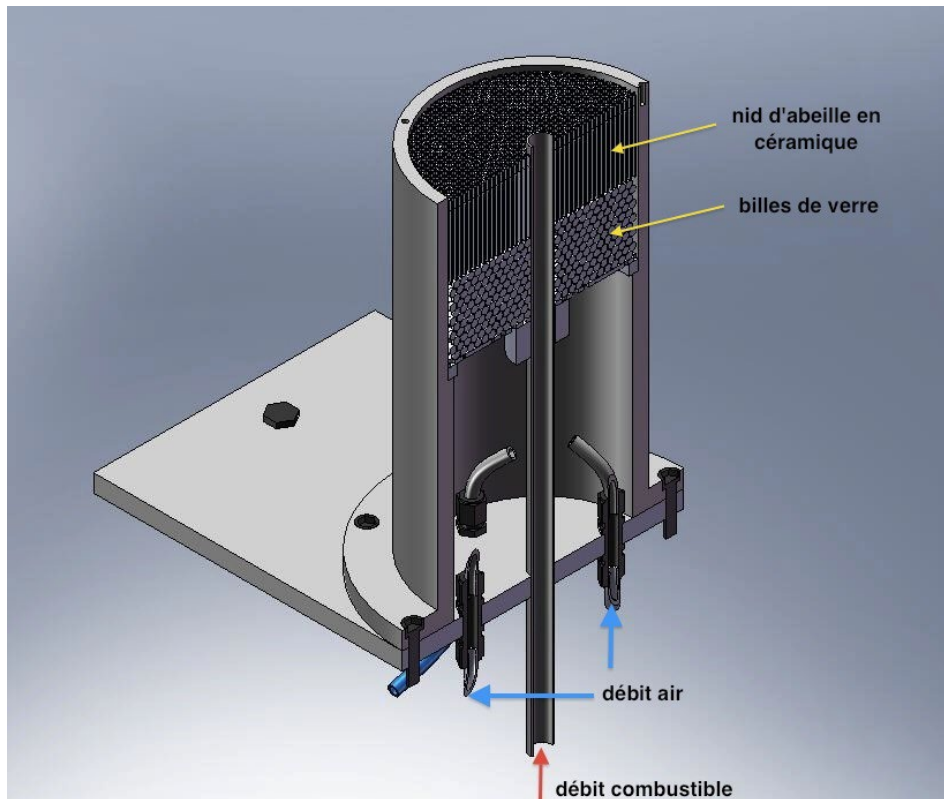


Figure 1 : Dispositif expérimental

#### 4. Métrologie

##### a) Débit-mètres

Les débits de l'air et du combustible sont réglés par deux débit-mètres Bronkhorst. Référez-vous à l'encadrant pour en comprendre le fonctionnement et l'utilisation.

##### b) Visualisation

La visualisation directe de la flamme est obtenue par un appareil photo numérique. Référez-vous à l'encadrant pour en comprendre le fonctionnement et l'utilisation.

### C. Etudes paramétriques

#### 1. Sensibilité au débit combustible

A débit d'air fixé et à combustible donné (méthane), stabilisez quatre flammes pour quatre débits combustibles différents. Prenez dans chacun des cas une photo de la flamme observée.

#### 2. Sensibilité au débit d'air

A débit de combustible fixé et à combustible donné (méthane), stabilisez quatre flammes pour quatre débits d'air différents. Prenez dans chacun des cas une photo de la flamme observée.

### 3. Sensibilité à la nature du combustible

Réalisez les deux études paramétriques précédentes avec du propane. Prenez dans chacun des cas une photo de la flamme observée.

## D. Résultats et discussion

### 1. Traitement d'image

Le traitement d'image ContourDeFlamme.m réalisé sous Matlab vous permet d'extraire de chaque photo de flamme une enveloppe de flamme, ainsi que la longueur et le diamètre maximal de la flamme. Référez-vous à l'encadrant pour en comprendre le fonctionnement et l'utilisation.

### 2. Sensibilités des caractéristiques géométriques de la flamme

Superposez la sensibilité de la longueur des flammes de méthane et de propane au débit combustible.

De la même façon, superposez la sensibilité de la longueur des flammes de méthane et de propane au débit d'air.

Commentez à la lumière des résultats proposés par la méthodologie de Krishnan reproduite en Travaux Pratiques numériques.

### 3. Biais expérimentaux

Commentez la dernière figure proposée par le traitement d'image, qui trace les iso-contours d'intensité visible à laquelle est sensible le capteur de l'appareil photo numérique.

Jouez alors sur le paramètre seuilBW qui détermine le seuil délimitant l'enveloppe de la flamme pour constater l'incertitude liée au traitement d'image.

Gaz	$\nu$ [m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]
CH <sub>4</sub>	1,762.10 <sup>-5</sup>
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	4,603.10 <sup>-6</sup>
air	1,594.10 <sup>-5</sup>

Figure 2: Viscosité cinématique à pression et température ambiantes

5

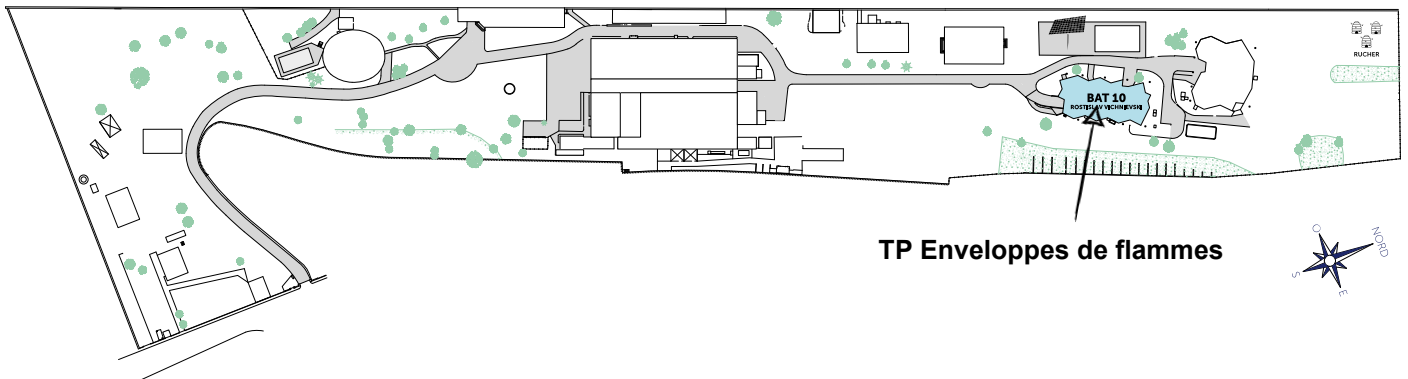
gaz	conditions expérimentales			caractéristiques géométriques	
	débit d'air [    ]	débit combustible [    ]	nom du fichier photo	longueur de flamme [    ]	diamètre maximal de flamme
CH <sub>4</sub>					
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>					

Figure 3 : Tableau récapitulatif des résultats



# SORBONNE UNIVERSITE

Faculté des Sciences et Ingénierie  
Plateforme d'Ingénierie Expérimentale  
Campus de Saint-Cyr-l'Ecole  
2 Place de la Gare de Ceinture  
78210 SAINT CYR L'ECOLE



Campus de St Cyr - Sorbonne Université

## REJOINDRE LA PLATEFORME

Accès en **train**, arrêt Saint Cyr :

Depuis Montparnasse, ligne N

Depuis La Défense, ligne U

Depuis Saint Michel ND, RER C

Prévoir ensuite 10 mn de **marche**

Accès en **voiture** :

Coordonnées GPS

N 48.80217°

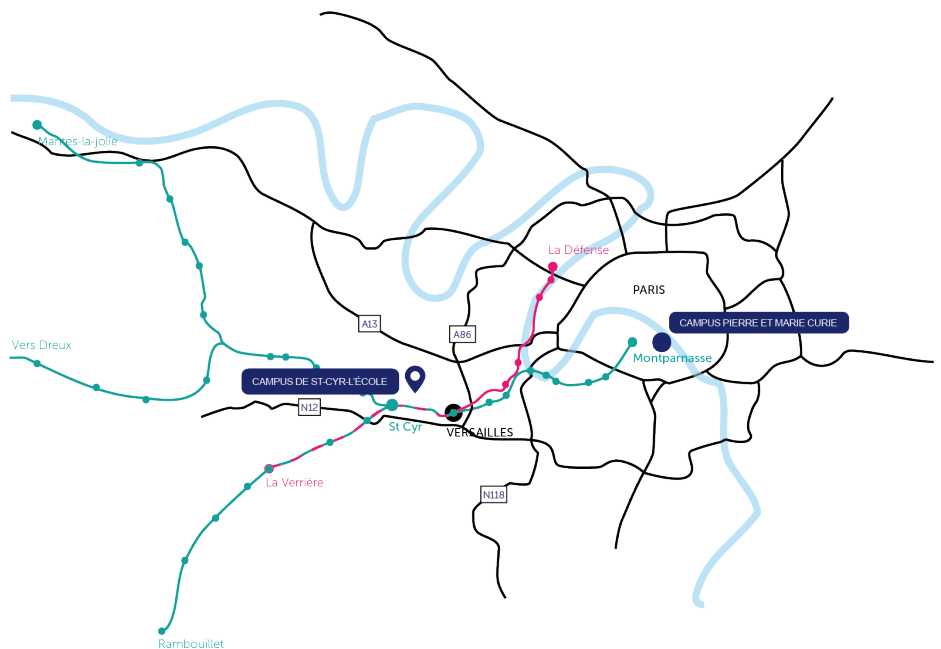
E 2.07639

Accueil campus

01.44.27.95.64

Informations et réservations TP

01.44.27.95.22



→ [www.sorbonne-plateforme-ingenierie-experimentale.fr](http://www.sorbonne-plateforme-ingenierie-experimentale.fr)