

FLAMMES DIPHASIQUES



Etudiants :

Raphaël DAUBRESSE

José MARCHAND

Laure LINA

Lucas TRAVERS

Victor GODARD

Enseignant-responsable du projet :

Antoine VERDIER

Cette page est laissée intentionnellement vierge.

Date de remise du rapport : **13/06/2016**

Référence du projet : **STPI/P6/2016 – Projet n°11**

Intitulé du projet : **Etude des flammes diphasiques**

Type de projet : **Sujet expérimental**

Objectifs du projet :

Le but de ce projet est une approche des flammes diphasiques. En effet, nous nous sommes intéressés à l'étude de leur stabilité ainsi qu'aux conditions dans lesquelles la combustion est le plus favorable. Ce projet s'inscrit dans une optique de résolution de problèmes environnementaux concernant l'émission de gaz à effet de serre ainsi que dans l'optimisation de la consommation de carburant.

Mots-clefs du projet : **Flamme diphasique, Combustion, Aéronautique**

Table des matières

1.	Introduction	7
2.	Méthodologie / Organisation du travail	8
3.	Bibliographie	9
3.1.	Contextualisation : Brève historique des moteurs d'avions	9
3.2.	Etude de l'allumage d'une flamme diphasique.....	12
3.2.1.	Dépôt d'énergie par bougies	12
3.2.2.	Dépôt d'énergie par focalisation laser	12
3.2.3.	Dépôt d'énergie torches	12
3.3.	Etude de la structure des flammes	13
3.3.1.	Combustion diphasique.....	13
3.3.1.1.	Combustion non pré-mélangée.....	13
3.3.1.2.	Combustion pré-mélangée.....	13
3.3.2.	Etude qualitative de la flamme diphasique	14
3.3.2.1.	La richesse	14
3.3.2.2.	Atomisation : Définition et description du processus	16
3.3.2.2.1.	Définition.....	16
3.3.2.2.2.	Influence sur la combustion.....	17
3.4.	Etude du phénomène de turbulence.....	17
4.	travail réalisé et résultats.....	18
4.1.	Description du dispositif expérimental	18
4.1.1.	Description du fonctionnement du dispositif	18
4.1.2.	Résultat obtenu pour le spray de carburant.....	20
4.1.3.	Carburant utilisé	20
4.1.4.	Caméras utilisées.....	20
4.1.4.1.	Caméra Ximea pour les deux premières expériences	20
4.1.4.2.	Caméras utilisées pour la seconde expérience	21
4.2.	Influence de la variation du débit d'air sur une flamme diphasique	21
4.2.1.	Première expérience : variation du débit d'air avec un co-flow droit	21
4.2.1.1.	Etude de la variation de richesse	22
4.2.1.2.	Etude de la hauteur de la flamme	22
4.2.2.	Deuxième expérience : variation du débit d'air avec un co-flow swirlé.....	25
4.2.2.1.	Etude de la variation de richesse	26
4.2.2.2.	Etude de la hauteur de la flamme	27
4.2.3.	Comparaison des deux premières expériences.....	27

4.3. Allumage induit par focalisation laser	28
5. Conclusions et perspectives.....	31
5.1. Conclusions sur le travail réalisé et perspectives pour la poursuite de ce projet.....	31
5.2. Conclusions sur l'apport personnel de cet E.C. projet	31
6. Bibliographie	32
7. Annexes.....	33
7.1. Présentation du Coria.....	33

NOTATIONS, ACRONYMES

ZRI : zone de recirculation interne

1. INTRODUCTION

L'émission de gaz à effet de serres ainsi que la surconsommation de carburant sont devenus des enjeux majeurs de notre société actuelle avec l'essor du transport aérien. Le contrôle de ces émissions de gaz à effet de serre et l'étude de la consommation de carburant sont donc au cœur des études aéronautiques. Notre projet a pour but de nous sensibiliser à cette problématique par une étude de la combustion du carburant, de ses différents paramètres ainsi que la stabilité des flammes.

Les flammes diphasiques étant très utilisées dans le domaine civil notamment en aéronautique, leur stabilité est d'une grande importance pour la sécurité des passagers. L'enjeu devient donc d'assurer la sécurité en conservant une flamme la plus stable possible, tout en réduisant la consommation de carburant. Nous en sommes donc venus à nous interroger : Quels sont les facteurs influant l'allumage, la combustion ainsi que la stabilité des flammes diphasiques ?

Afin de répondre à cette question, nous verrons dans une première partie des généralités concernant les flammes diphasiques ainsi que les méthodes d'allumage. Ensuite, nous verrons les différentes expériences mises en œuvre nous ayant permis d'étudier l'influence de différents paramètres cités précédemment sur le rendement des combustions ainsi que la stabilité des flammes diphasiques.

2. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Le déroulement de notre projet peut être divisé en trois parties : la recherche bibliographique, la mise en œuvre des expériences et la rédaction du rapport. Nous voyions le responsable du projet une fois par semaine pendant 1h30 pour réaliser les manipulations et pour faire le point sur l'avancement.

Les deux premières séances du projet ont été utiles à la découverte du projet c'est-à-dire la visite du laboratoire et de tout le matériel qu'il contient ainsi que des premiers essais d'allumage de flammes diphasiques. Nous avons ensuite poursuivi avec une étude détaillée du banc expérimental et des différentes parties du brûleur. L'étape suivante fut la délimitation du sujet et la répartition des tâches concernant la bibliographie. Les recherches bibliographiques se faisaient de façon individuelle suivies d'une mise en commun lors de la séance de rencontre avec le responsable du projet. Celui-ci nous fournissait certains documents à consulter pour mieux comprendre les différentes notions.

Les principales interfaces de communication entre élèves furent d'une part le groupe Facebook, dans lequel nous avons l'habitude de publier le résumé de chaque séance et les tâches à accomplir pour les séances suivantes, d'autre part le fichier commun dans dropbox, grâce auquel nous partageons tous les documents rédigés afin de bâtir petit à petit notre rapport.

Concernant la partie expérimentale, nous nous étions séparés en deux groupes : d'une part ceux qui s'occupaient de réaliser les manipulations, de faire des vidéos et des photos, d'autre part ceux qui s'occupaient de noter les observations et de faire une étude sur les différentes acquisitions expérimentales. Le projet s'est déroulé dans une bonne ambiance de travail et une bonne implication de chaque membre.

Répartition du travail par membre du groupe :

Laure Lina

- Partie bibliographique : Etude de l'allumage d'une flamme diphasique structure des flammes
- Suivi des goutte s
- Méthodologie/ Organisation du travail
- Conclusion de l'éc

Victor Godard

- Etude de la focalisation laser

José Marchand

- Contextualisation : historique moteur d'avion
- Descriptif du Coria
- Analyse des résultats de la 2^{ème} expérience

Lucas Travers

- Mesure de hauteur de flammes
- Etude de la turbulence
- Analyse des résultats de la 1^{er} expérience

Raphaël Daubresse

- Etude de l'allumage d'une flamme diphasique
- Description du dispositif expérimental
- Mise en commun des parties du rapport et mise en page
- Conclusion

3. BIBLIOGRAPHIE

3.1. Contextualisation : Brève historique des moteurs d'avions

Le moteur du Wright Flyer a permis le premier vol propulsé (1903). Ce moteur à pistons avait 4 cylindres en ligne. Ces premiers avions étaient composés de moteurs en étoile rotatifs : le vilebrequin était fixe et l'ensemble moteur et hélice était en rotation. Ce type de moteur fut utilisé pendant la première moitié du XXème siècle. Ce type de moteur était prépondérant pendant la Seconde Guerre mondiale et énormément utilisé par les avions commerciaux dans les années 50. Cependant, il laisse place à des turboréacteurs plus performants à la fin des années 50.



figure 1 : *Wright Flyer*

Le turboréacteur, notamment le Messerschmitt Me 262 Schwalbe des chasseurs bombardiers a été le premier turboréacteur construit en série. Ces moteurs permettaient des performances plus élevées que les moteurs à pistons. En effet, ce type de moteur a été utilisé au sein des premiers chasseurs. Le plus connu d'entre eux, le *F-4 Phantom II*, fut conçu par McDonnell Douglas. Il est l'un des avions militaires les plus importants (5195 construits) du XXème siècle. Ces types d'avions réussissaient à atteindre des vitesses maximales inespérées jusqu'à lors, par exemple le *F-4 Phantom II* avait une vitesse maximale de 2 305 km/h soit deux fois supérieur au mur du son (1 224 km/h).



figure 2 : F-4 Phantom II

Le turbopropulseur est un moteur ayant un mode de fonctionnement similaire à celui des turbo réacteurs. Cependant le turbopropulseur met en rotation une hélice tout en perdant un minimum d'énergie dans les gaz échappement (similaire aux turbomoteurs équipant les hélicoptères). Dans les turbomoteurs, la quasi-totalité de l'énergie produite par la combustion est récupérée par les turbines. L'énergie récupérée par les turbines sert à entraîner le compresseur et, par l'intermédiaire d'un réducteur, le rotor.

Au sein des turbo réacteurs « purs », une seule turbine entraîne le compresseur et l'ensemble du flux d'air traverse le corps du réacteur. Afin d'augmenter le rendement de la compression, le compresseur est séparé en deux parties, une à basse pression et une autre à haute pression qui tournent à des vitesses différentes.

Lorsqu'un compresseur à plusieurs étages est utilisé, il est lié mécaniquement par un arbre à une turbine à un ou plusieurs étages. L'ensemble tourne à la même vitesse. Ce type de turbo réacteur peut être conçu soit avec plusieurs chambres de combustion, soit avec une seule chambre annulaire.

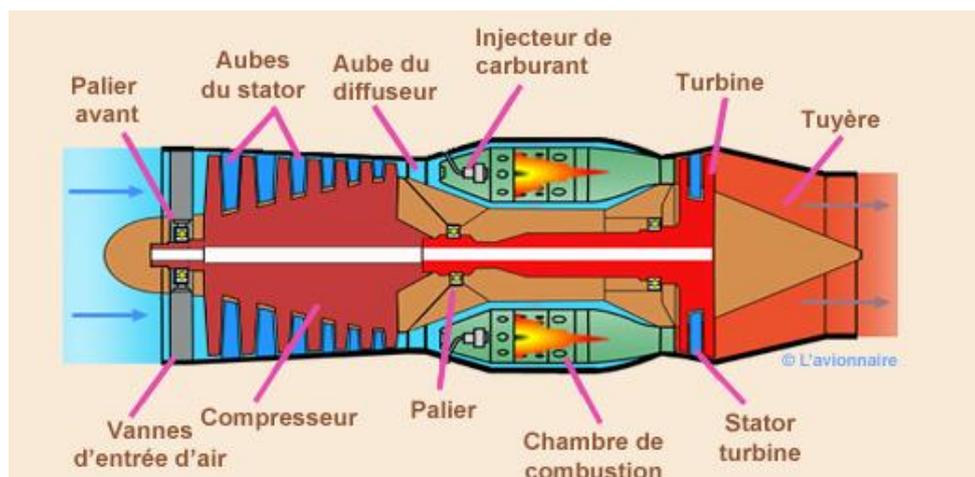


figure 3 : Turbo réacteur simple flux mono-corps

Actuellement, le turbo réacteur à double flux est le plus utilisé. Sur ce type de turbo réacteur une partie de l'énergie est prélevée à fin de faire tourner une turbine supplémentaire à un ou plusieurs étages ce qui entraîne un compresseur basse pression. Ce

dernier crée une poussée additionnelle en accélérant un flux secondaire. Ainsi, deux flux séparés traversent alors le turboréacteur. Le flux primaire ou flux chaud traverse tout le réacteur en passant par le compresseur basse pression, le compresseur haute pression, les chambres de combustion et les turbines haute pression et basse pression. Le flux secondaire ou flux froid (en bleu) contourne toute la partie chaude du réacteur. Les deux flux se rejoignent et se mélangent dans la tuyère avant d'être éjectés.

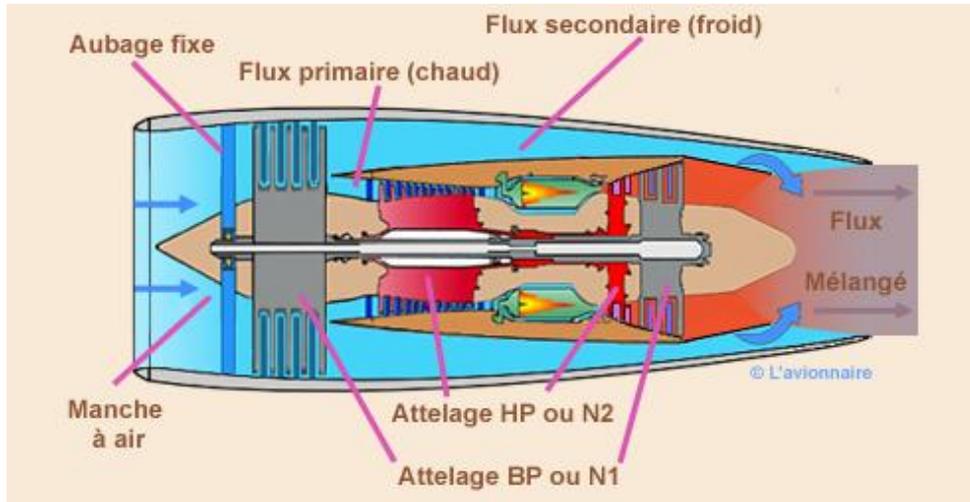


figure 4 : Turboréacteur double flux mélangés

Ce type de moteur équipe la quasi-totalité des avions de transport civil. Comme par exemple dans l'A320 ci-dessus.



figure 5 : A 320

3.2. Etude de l'allumage d'une flamme diphasique

L'allumage peut être défini d'un point de vue macroscopique comme suit : il définit la transition d'un mélange de carburant et de comburant d'un état inerte vers un état brûlé. Il se déroule en trois étapes majeures qui sont : le dépôt d'énergie, la transition d'un noyau de gaz flamme vers une flamme stable et pour finir la propagation de cette flamme dans le reste de la chambre.

Il est important d'être clair sur la définition d'allumage. Certains considèrent que l'allumage est réussi si un noyau de flamme apparaît suite au dépôt d'énergie. La dernière phase qui est la phase de stabilisation n'est pas prise en compte et le noyau de flamme peut finir par s'éteindre. D'autres considèrent l'allumage réussi dans le cas où l'on obtient une flamme stabilisée sur le brûleur.

On distingue plusieurs procédés permettant le dépôt d'énergie, première étape de l'allumage :

3.2.1. *Dépôt d'énergie par bougies*

Les bougies sont composées de deux électrodes interne et externe, alimentées par un circuit électrique, qui engendrent une ionisation locale de l'air au moment de la décharge. Cette ionisation forme un arc électrique qui peut initier un noyau de flamme. L'estimation de l'énergie transmise au gaz est difficile du fait de pertes thermiques dues au rayonnement, à la conduction dans les électrodes, et au système électrique. Un avantage est qu'on peut facilement contrôler l'énergie de l'étincelle ainsi que sa durée. Un inconvénient est que les bougies sont nécessairement positionnées en proche paroi, c'est-à-dire dans une zone *a priori* moins favorable à l'allumage.

3.2.2. *Dépôt d'énergie par focalisation laser*

Les lasers produisent eux aussi un noyau de flamme. Toutefois l'intensité de l'allumage va dépendre de la localisation du dépôt d'énergie. Un avantage est justement que le dépôt d'énergie peut être choisi n'importe où. Un des inconvénients est d'avoir des accès optiques d'une propreté irréprochables. Cette méthode d'allumage par focalisation laser sera détaillée lors de la description de la troisième expérience réalisée.

3.2.3. *Dépôt d'énergie torches*

Les torches sont elles même allumées par une bougie. Se sont des flammes qui produisent des gaz chauds. Les gaz brûlés ainsi créés vont allumer les injecteurs voisins. L'inconvénient majeur est la cokéfaction du carburant, c'est-à-dire la transformation des résidus de la combustion en produit solide. Ces produits solides peuvent donc ensuite être amenés à boucher l'injecteur.

3.3. Etude de la structure des flammes

Comme nous l'avons vu jusqu'à présent, la recherche du point d'équilibre entre la sécurité et la diminution des émissions polluantes fait l'objet de plusieurs recherches dans le monde de l'aéronautique. Pour arriver à déterminer les meilleures conditions de combustion dans un brûleur, nous nous sommes proposé de faire une étude du phénomène d'allumage suivie de celle de la propagation et la stabilité des flammes. Cette étude est importante car l'allumage ne dépend pas uniquement des conditions locales au point de dépôt d'énergie mais aussi de l'ensemble de variations subies par la flamme au cours de son développement. Dans cette partie nous allons dans un premier temps décrire la combustion diphasique ensuite nous allons étudier les différents facteurs influant sur l'aspect qualitatif d'une flamme.

3.3.1. Combustion diphasique

La combustion diphasique a lieu lorsqu'on injecte d'une part du combustible sous forme liquide et d'autre part de l'air chauffé ou non. Le spray de gouttelettes s'évapore et produit une vapeur de combustible qui se mélange à l'air avant de brûler. Dans le cas d'air chaud, l'évaporation se fait plus facilement ce qui rend l'allumage plus facile. Contrairement à la combustion monophasique, ici le combustible injecté sous forme liquide ne s'évapore pas totalement, il reste quelques gouttes pouvant traverser la flamme et cela a pour effet, l'épaississement de la flamme.

On distingue deux régimes de combustion : la combustion pré-mélangée, où les réactifs sont mélangés avant de brûler et la combustion non pré-mélangée ou flamme de diffusion, où le mélange a lieu au niveau de la flamme :

3.3.1.1. Combustion non pré-mélangée

Quand le carburant et l'oxydant ne sont pas mélangés au préalable mais sont séparés, la combustion a lieu lorsque les deux réactifs entrent en contact, et est maximale à la stœchiométrie. Dans la mesure où la combustion se fait à la stœchiométrie, les flammes atteignent des températures élevées et sont sources de points chauds dans lesquels les oxydes d'azote se forment.

Les NO_x est une appellation générique pour désigner les différentes formes d'oxyde d'azote (NO , NO_2 , N_2O , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5). Ils entrent en jeu dans la formation des pluies acides et de l'ozone troposphérique. C'est pour cette raison que les réglementations actuelles visent à diminuer leurs émissions.

3.3.1.2. Combustion pré-mélangée

Comme son nom l'indique, La combustion pré mélangée est le mode de combustion dans lequel, combustible et comburant sont mélangés avant d'atteindre la zone de combustion. La combustion peut être laminaire ou turbulente. A la différence de la combustion diffusive, ce mode permet la maîtrise de la température de fin de combustion. Il est donc particulièrement adapté pour la réduction des émissions de NO_x . De plus, les flammes pré-mélangée sont particulièrement sensibles aux instabilités de combustion et peuvent remonter dans l'écoulement de l'injecteur (car composé d'un mélange inflammable). Cette propriété est essentielle pour l'allumage et la stabilisation.

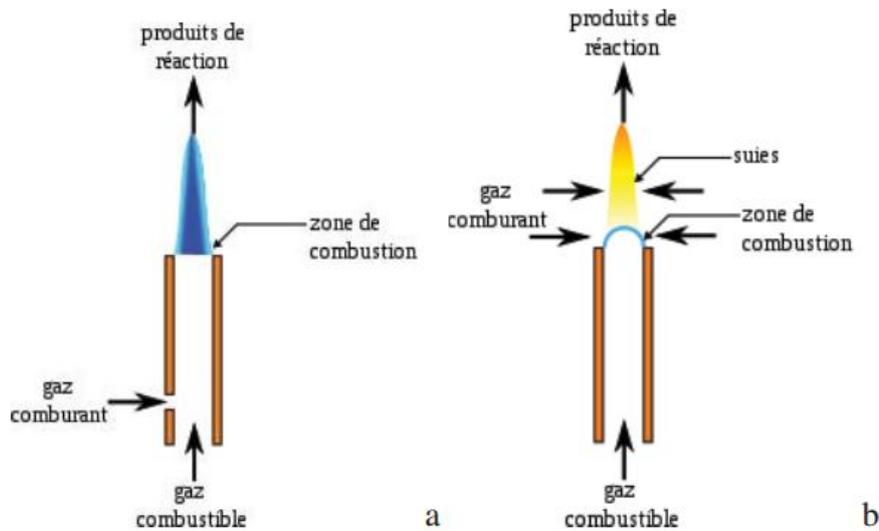


figure 6 : Combustion pré-mélangée (a) et non pré-mélangée (b)

Les travaux traitant de la combustion diphasique sont relativement récents et donc plus rares que ceux traitant de la combustion gazeuse, encore appelée combustion monophasique.

Nous pouvons conclure que le régime de combustion pré-mélangée est le plus adapté à l'optique d'aujourd'hui, celle de consommer moins de carburant et de polluer moins. Cependant, comme nous l'avons dit, la stabilité de la flamme doit rester prioritaire car c'est elle qui assure le fonctionnement d'un moteur et donc la sécurité en vol pour les avions. Nous allons désormais étudier les facteurs influençant la stabilité d'une flamme.

3.3.2. Etude qualitative de la flamme diphasique

3.3.2.1. La richesse

Le schéma ci-dessous présente la combustion diphasique en régime non-pré-mélangé. C'est le type de combustion que nous avons utilisé dans le cadre de notre projet.

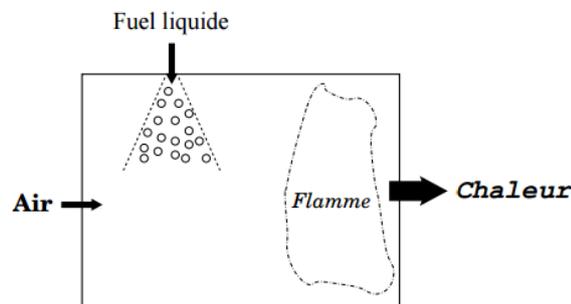


figure 7 : Etude de la combustion

Ce schéma met en évidence trois phénomènes susceptibles d'influencer l'aspect de la flamme. Il s'agit des injections de l'air et du combustible ainsi que du dégagement de chaleur. Nous allons étudier le mode d'action de ces trois phénomènes afin de contrôler la structure de la flamme obtenue.

Des études expérimentales ont montré que le dégagement de chaleur ne se fait pas de façon uniforme sur toute la surface de la flamme. Cela met en évidence l'existence de plusieurs phénomènes mettant en jeu les différentes entités chimiques contenues dans la flamme. L'une des méthodes permettant de déterminer la composition d'une flamme est le calcul sa richesse λ . La richesse est la quantité de carbone contenu dans la flamme. Elle est égale à 0 pour l'air pur et à 1 lorsque le mélange est stœchiométrique.

Elle s'obtient par la relation suivante :

eq 1.
$$\lambda = \frac{\left(\frac{m_{fuel}}{m_{air}}\right)_{réel}}{\left(\frac{m_{fuel}}{m_{air}}\right)_{stoecho}}$$

La richesse λ d'une zone est directement liée à la température dégagée par cette zone. En effet, la richesse permet de déterminer les types d'entités chimiques présentes dans le milieu réactionnel et donc de prévoir les différentes réactions chimiques pouvant avoir un impact direct sur la température (réaction chimique endothermique ou exothermique).

Ainsi, les zones dégagant le plus d'énergie correspondent aux zones de combustion du kérosène (réaction exothermique) et les zones de dégagement de chaleur nul correspondent aux zones non réactives dans le domaine.

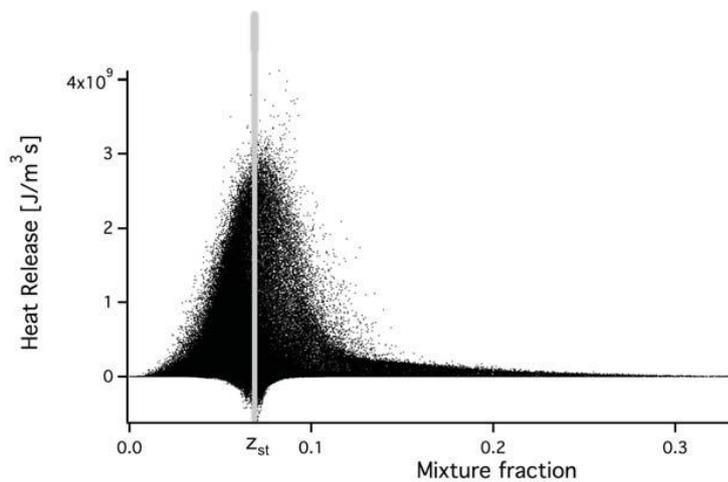


figure 8 : Courbe de température en fonction de la richesse

Nous remarquons sur la figure ci-dessus qu'il existe une zone de valeurs négatives. Cela correspond à une réaction endothermique. En effet, pour une certaine valeur de λ , on retrouve du CO et du CO₂ en équilibre et cela donne lieu à une réaction qui absorbe de la chaleur.

Nous pouvons donc dire qu'une flamme suffisamment riche dégage une grande quantité de chaleur qui permet d'entretenir la combustion et donc d'éviter les phénomènes d'extinctions locales.

La chaleur produite contribue à l'évaporation des gouttes de carburant ; celles-ci atteignent alors leur point-éclair puis s'enflamment. Ce phénomène permet à la flamme de se propager et d'adopter une structure stable.

La propagation de la flamme dépend de deux mécanismes : La réaction chimique et la diffusion thermique. Ces mécanismes permettent de piloter la flamme.

Les flammes diphasiques peuvent présenter des structures tout à fait particulières qui montrent que la topologie des flammes diphasiques va dépendre de la compétition entre trois temps caractéristiques :

- Un temps caractéristique de la chimie, T_{ch} . C'est le temps qui s'écoule entre la mise en contact de tous les réactifs et le début de la réaction de combustion.
- Un temps caractéristique du mélange, T_{mix} . Ce temps est le temps nécessaire pour que tous les réactifs soient mélangés.
- Un temps caractéristique du taux d'évaporation des gouttes, T_{vap} . Ce temps représente donc le temps nécessaire pour que toutes les gouttes soient évaporées.

La comparaison entre ces trois temps permet de définir différents types de structures de flammes :

Si $T_{vap} < T_{ch} < T_{mix}$, les gouttes sont pré-vaporisées avant la zone de réaction, Si $T_{vap} < T_{ch} < T_{mix}$, les gouttes persistent dans les zones de réaction. Dans ce cas par exemple on pourrait prévoir un épaississement de la flamme dû à la présence des gouttes traversant la flamme.

Nous pouvons conclure en disant que plus une flamme est riche, plus la propagation est rapide et plus la vitesse de stabilisation augmente. Pour assurer un allumage rapide et donc la sécurité en vol, il serait préférable de travailler en milieu suffisamment riche (λ supérieur à la limite d'inflammabilité) pour éviter l'extinction. Cependant, cette valeur de richesse doit permettre de limiter les émissions polluantes.

3.3.2.2. Atomisation : Définition et description du processus

3.3.2.2.1. Définition

Le phénomène d'atomisation correspond à la fragmentation d'un jet liquide en filaments puis en gouttes dans un environnement gazeux. L'atomisation est le siège d'une compétition entre les forces de tension de surface à l'interface liquide/gaz, les forces de viscosité du liquide et les forces aérodynamiques déstabilisantes.

On distingue deux phases en atomisation :

– L'atomisation primaire où la production de ligaments et de gouttes se fait à partir de l'écoulement liquide continu.

– L'atomisation secondaire où la production des gouttes et gouttelettes est issue des structures liquides générées par l'atomisation primaire.

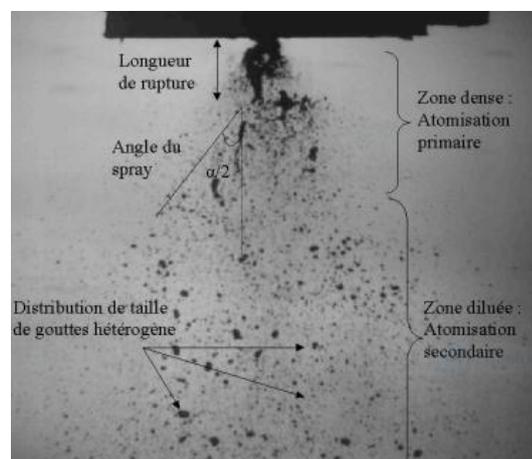


figure 9 : Schéma général de l'atomisation pour un injecteur coaxial

La zone d'atomisation primaire est caractérisée par une zone de forte densité de liquide sous la forme d'une structure continue sur laquelle se développent des gouttes. En aval de la zone dense, le spray s'épanouit ensuite et donne lieu à la zone diluée dans laquelle le taux de présence de liquide est plus faible. Les plus grosses structures liquides peuvent alors se rompre sous l'action des forces d'inertie imposées par l'écoulement de gaz ce qui génère de petites gouttes plus stables.

Le phénomène inverse peut aussi avoir lieu : de petites gouttes coalescent pour créer des éléments liquides plus gros.

3.3.2.2. Influence sur la combustion

Il est important de signaler que nous pouvons jouer sur l'atomisation afin d'atteindre l'objectif qui est de réduire les émissions polluantes et d'augmenter le rendement de combustion :

- Sous certaines hypothèses, on peut montrer que le temps d'évaporation d'une goutte est proportionnellement lié à la surface d'échange entre le liquide et le gaz. Cela revient à dire que plus les gouttes formées à l'issue de l'atomisation sont petites, plus le taux de vaporisation en carburant liquide est important ce qui a pour effet d'améliorer les rendements en combustion.
- Afin éviter les zones de combustion partielle et donc la formation du CO, il est important d'assurer une bonne diffusion des gouttes dans l'espace de façon à éviter les zones de fortes concentrations en gouttelettes propices à la recombinaison en particules plus grosses difficiles à évaporer et donc à brûler.

3.4. Etude du phénomène de turbulence

Lors de la phase d'allumage, il existe deux procédés pour injecter de l'air dans le carburant et ainsi créer un mélange inflammable.

Le premier, appelé écoulement laminaire consiste à injecter de l'air de manière verticale c'est à dire que l'écoulement d'air possède seulement une vitesse axiale. Ce type d'écoulement est utilisé en laboratoire car il est relativement simple à étudier et permet donc de « simplifier » les calculs. Cependant il est moins efficace que le deuxième procédé car il n'optimise pas la combustion et stabilise moins bien la flamme. C'est pour cela que l'écoulement laminaire est moins utilisé en pratique et que les moteurs d'avion ou d'hélicoptères utilisent plutôt le deuxième procédé : l'écoulement tourbillonnaire.

L'écoulement tourbillonnaire ou « swirlé » consiste à ajouter une vitesse tangentielle à l'écoulement d'air et donc créer, comme son nom l'indique, un tourbillon. Ainsi par opposition avec l'écoulement laminaire, cet écoulement est dit turbulent c'est à dire qu'il est désordonné, il a un comportement difficile à prédire et donc son étude est plus compliquée.

Cependant, comme écrit précédemment, cette technique optimise la combustion car si la vitesse tangentielle est suffisante en sortie du système d'injection, on observe une diminution de la pression sur l'axe du tourbillon ce qui induit une zone de recirculation interne ou ZRI. Cette zone de recirculation interne permet de mélanger à nouveau les gaz partiellement brûlés ou non brûlés et ainsi les brûler complètement. De plus la ZRI permet aussi de ramener une partie des gaz déjà brûlés à la base du brûleur et donc de préchauffer les gaz frais ce qui induit ensuite une meilleure combustion de ces-derniers. Enfin la ZRI approche la flamme de la sortie de l'injecteur ce qui permet de la stabiliser.

Pour conclure l'écoulement « swirlé » est principalement utilisé car il conduit à une flamme courte ce qui améliore sa compacité et son efficacité.

4. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

4.1. Description du dispositif expérimental

4.1.1. Description du fonctionnement du dispositif

Le dispositif expérimental suivant nous a permis de réaliser les expériences, il est constitué d'un brûleur KIAI.

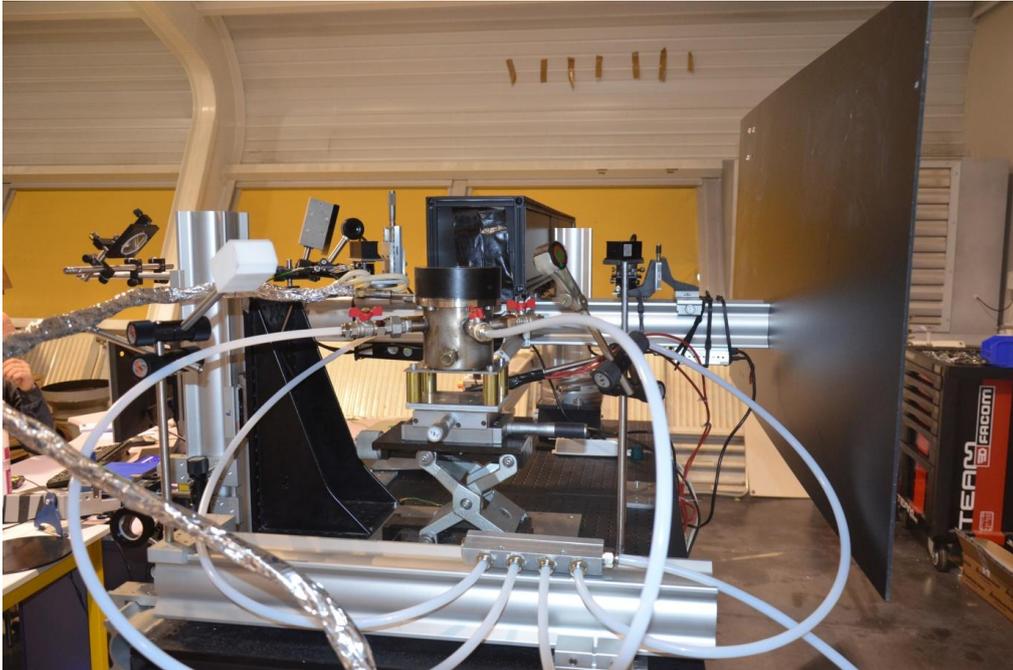


figure 10 : Brûleur KIAI en salle d'expérimentation

Le brûleur est positionné sur un support de déplacement qui permet des déplacements dans les trois directions de l'espace. Ces déplacements permettent d'étudier l'allumage dans le cas d'un allumage par focalisation laser. Le dépôt d'énergie peut donc être modifié facilement. Pour nos deux premières expériences, nous avons laissé le brûleur fixe car l'allumage était réalisé à partir d'une autre flamme.

Le circuit mis en place contient deux lignes différentes qui ne se rejoignent qu'au niveau du brûleur. La combustion n'est donc pas pré-mélangée.

Tout d'abord, il y a la ligne d'alimentation en carburant. Cette ligne est constituée d'un réservoir de carburant, d'une pompe de gavage (elle permet faire retourner le carburant dans le réservoir si aucune sortie de carburant n'est demandée), un filtre qui permet de filtrer les impuretés du carburant, une pompe qui permet de donner une certaine pression à celui-ci ainsi qu'un débitmètre relié à la pompe et pour finir l'injecteur.

Il y a ensuite un circuit d'air. L'air qui arrive du réseau d'air est déjà comprimé. Il passe ensuite à travers deux filtres à air successifs : un premier filtre à grosses particules ainsi qu'un second filtre à fines particules. L'air passe ensuite par un débitmètre avant de rejoindre le brûleur et de rejoindre l'injecteur.

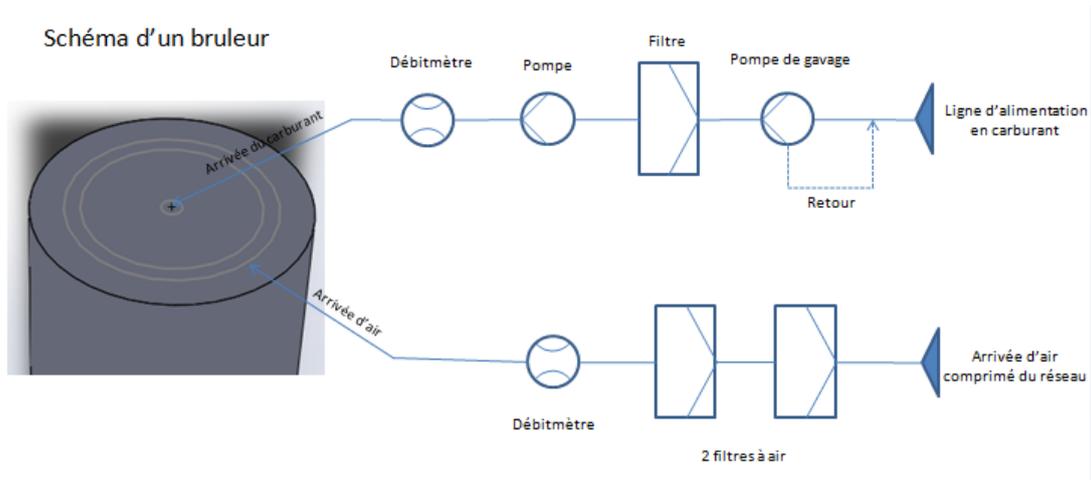


figure 11 : Schéma du montage expérimental

Ce montage permet d'obtenir un spray de carburant ainsi qu'une arrivée d'air rectiligne. Dans des conditions nominales de débit d'air (6 g/s) et de carburant (0,28 g/s) l'allumage par torche permet d'obtenir un allumage réussi à chaque essai.

Quelques images du brûleur démonté et de l'injecteur :



figure 12 : Brûleur démonté et injecteur

Les billes situées dans le brûleur permettent de redresser l'écoulement, il est ainsi uniforme dans tout le système.

4.1.2. **Résultat obtenu pour le spray de carburant**

Ce dispositif permet d'obtenir un spray de carburant d'une forme conique comme on peut le constater sur les images ci-dessous. Afin de mettre en évidence le spray de carburant, de fines gouttes d'huile ont été ajoutées à celui-ci et grâce à un faisceau laser, le spray de carburant se dessine nettement.

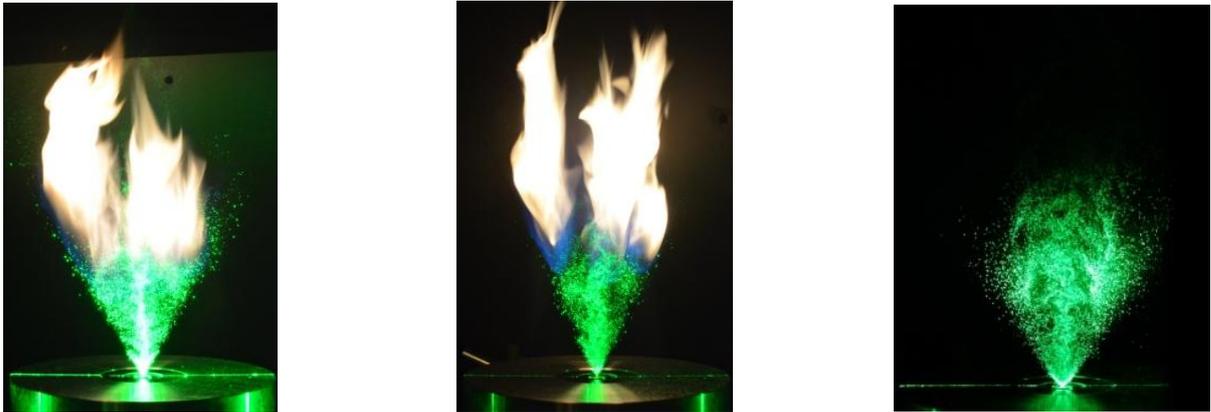
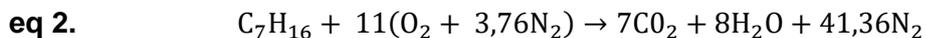


figure 13 : Spray de carburant mis en évidence

4.1.3. **Carburant utilisé**

Le carburant utilisé ici est le N-heptane de formule C_7H_{16} , un des carburants qui se rapproche le plus du kérosène. L'équation de la combustion est la suivante :



L'air est ici approximé comme un mélange de diazote et de dioxygène, dans lequel la proportion de diazote est près de quatre fois supérieure à la proportion de dioxygène.

4.1.4. **Caméras utilisées**

4.1.4.1. **Caméra Ximea pour les deux premières expériences**

Pour les deux premières expériences, la caméra utilisée était une caméra Ximea.



figure 14 : Caméra Ximea

Cette caméra a été placée pour avoir un angle de vue latéral sur les flammes obtenues. L'interface associée à son utilisation nous a permis de régler le gamma ainsi que le temps d'exposition pour obtenir des images de la meilleure qualité possible. De plus, l'interface liée à la caméra ne permettant pas de prendre de photos, nous avons donc pris de courtes vidéos et travaillé sur des captures d'écran. Nous avons commencé par prendre une courte vidéo de la mire pour pouvoir faire nos calculs et ensuite de courtes vidéos des flammes pour des débits d'air différents.

4.1.4.2. Caméras utilisées pour la seconde expérience

Pour la seconde expérience, nous avons utilisé une Caméra V2512 permettant de capturer 4000 images par secondes. Les angles de vus ainsi que l'interface associée à son utilisation ont été les même que dans les deux premières expériences.

4.2. Influence de la variation du débit d'air sur une flamme diphasique

4.2.1. Première expérience : variation du débit d'air avec un co-flow droit

Cette première expérience a pour but de comprendre l'influence du débit d'air sur une flamme diphasique. Elle a été réalisée à l'aide du montage précédent avec une arrivée d'air rectiligne. On parle de co-flow droit. Le dispositif expérimental ne permet pas de faire varier le débit de carburant. Nous avons donc utilisé ici un débit nominal de carburant de 0,28 g/s qui est resté fixe. Voici quelques photos des résultats de l'expérience.



figure 15 : Résultats obtenus en diminuant progressivement le débit d'air

4.2.1.1. Etude de la variation de richesse

Débit d'air (g/s)	Débit de carburant (g/s)	Calcul de la richesse
2	0,28	2,114112
3	0,28	1,409408
4	0,28	1,057056
5	0,28	0,8456448
6	0,28	0,704704
7	0,28	0,604032
8	0,28	0,528528
9	0,28	0,469802667
10	0,28	0,4228224
11	0,28	0,384384
12	0,28	0,352352
13	0,28	0,325248
14	0,28	0,302016
14,2	0,28	0,297762254
14,4	0,28	0,293626667
14,6	0,28	0,289604384
14,8	0,28	0,285690811
15	0,28	0,2818816

figure 16 : Calcul de la richesse pour chaque débit d'air

La richesse calculée ici est la richesse en carburant, si la richesse est égale à 1 on est dans les proportions stœchiométriques. Si elle est inférieure à 1, le carburant est en excès, si elle est supérieure à 1, le carburant est en défaut.

On constate que la richesse maximale est obtenue pour un débit d'air de 2 g/s.

4.2.1.2. Etude de la hauteur de la flamme

Après avoir réalisé notre expérience et pris des vidéos, nous avons mesuré la hauteur de la flamme. En effet cette hauteur est un indicateur de la stabilité de la flamme car si nous voyons une grosse différence de hauteur entre le point plus bas à gauche de la flamme et le point le plus haut à droite de la flamme, cela indique une flamme instable et donc un débit d'air inadapté.

Pour pouvoir étudier la hauteur de la flamme, nous avons installé une mire devant la caméra pour pouvoir réaliser une impression d'écran de la vidéo de la mire.

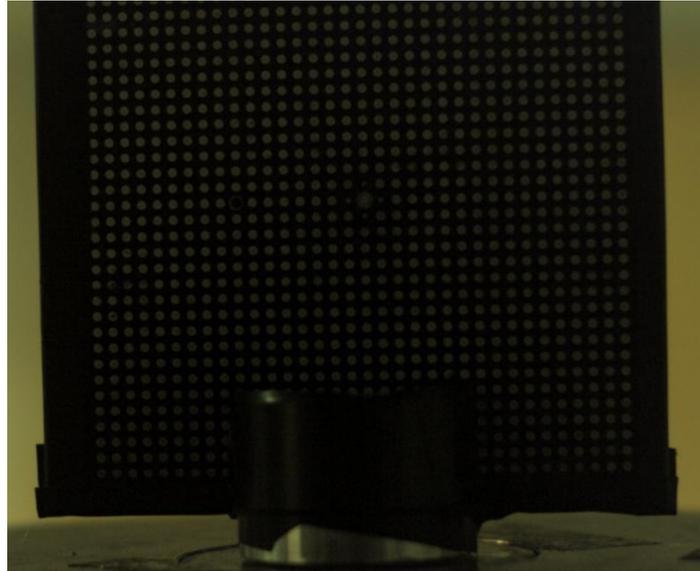


figure 17 : Photo de la mire installée au milieu du brûleur

Cette mire est composée de centaines de ronds blancs et nous connaissions la distance entre deux centres de ronds : 2 cm. Ensuite grâce à un logiciel comme Paint nous pouvions connaître le nombre de pixels entre ces deux ronds, ici, 20 pixels. Ainsi, nous avons pu avoir la taille d'un seul pixel grâce à une simple règle de trois. Nous avons obtenu 0.1 cm.

Avec cette donnée nous pouvions ainsi mesurer la hauteur de la flamme car il suffisait de mesurer le nombre de pixels pour arriver jusqu'au point le plus bas de la flamme et une simple multiplication nous donnait le résultat.

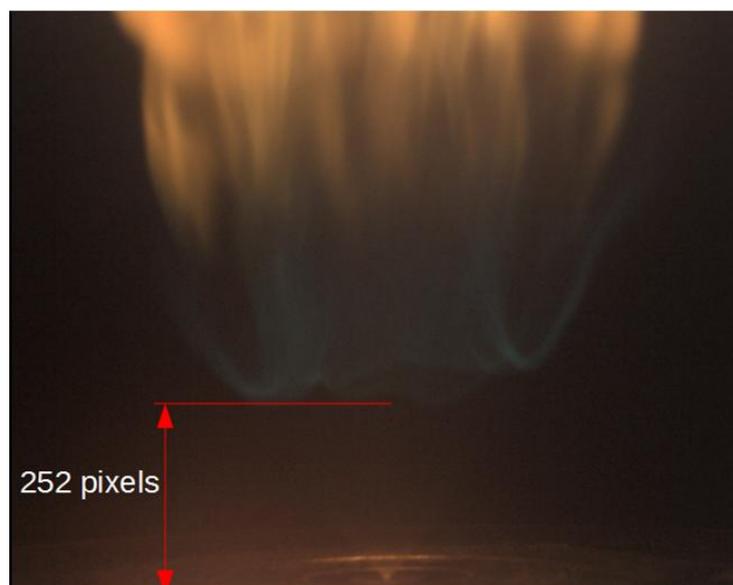


figure 18 : Mesure de la hauteur de la flamme

Nous avons ensuite répertorié toutes ces données dans un tableau Excel pour pouvoir les analyser.

Débit d'air (g/s)	Nombre de pixels à droite	Nombre de pixels à gauche	Hauteur de flamme à droite (cm)	Hauteur de flamme à gauche (cm)	Différence entre la hauteur à droite et la hauteur à gauche (cm)
2	238	216	23,8	21,6	2,2
3	252	209	25,2	20,9	4,3
4	267	219	26,7	21,9	4,8
5	291	252	29,1	25,2	3,9
6	297	267	29,7	26,7	3
7	320	293	32	29,3	2,7
8	339	300	33,9	30	3,9
9	350	317	35	31,7	3,3
10	370	327	37	32,7	4,3
11	398	360	39,8	36	3,8
12	439	365	43,9	36,5	7,4
13	442	366	44,2	36,6	7,6
14	449	427	44,9	42,7	2,2
14,2	467	418	46,7	41,8	4,9
14,4	467	450	46,7	45	1,7
14,6	476	531	47,6	53,1	5,5
14,8	508	522	50,8	52,2	1,4

figure 19 : Tableau récapitulatif des hauteurs de flamme en fonction des débits

Les valeurs en rouge sont les valeurs nominales, c'est à dire les valeurs utilisées lors du premier allumage. Elles correspondent à 6 g/s pour le débit d'air et 0,28 g/s pour le débit de carburant.

Grâce à ce tableau nous pouvons remarquer que plus le débit d'air augmente plus la flamme se stabilise haut.

Ensuite, en ce qui concerne la différence entre la hauteur à droite et la hauteur à gauche de la flamme, elle varie entre 1,4 cm et 7,6 avec une moyenne à 3,9 cm. Cependant à partir d'un débit d'air de 11 g/s la différence augmente légèrement (sauf dans quelques cas). Nous pouvons donc conclure que l'augmentation du débit d'air déstabilise la flamme : on constate une plus grande différence de hauteur.

De plus lorsque nous regardons les vidéos, on remarque qu'à partir d'un débit d'air de 9 g/s la flamme commence à devenir instable. En effet, la ligne moyenne de stabilisation n'est plus rectiligne. Ensuite, à partir de 12 g/s la flamme est instable. Enfin à partir de 14 g/s la flamme s'éteint partiellement et à partir de 15 g/s elle s'éteint complètement. C'est pour cela que nous sommes allé jusqu'à 14,8 g/s.

Ces résultats permettent donc de choisir le débit d'air optimal pour avoir une flamme stable mais aussi de brûler dans les conditions les plus pauvres en carburant.

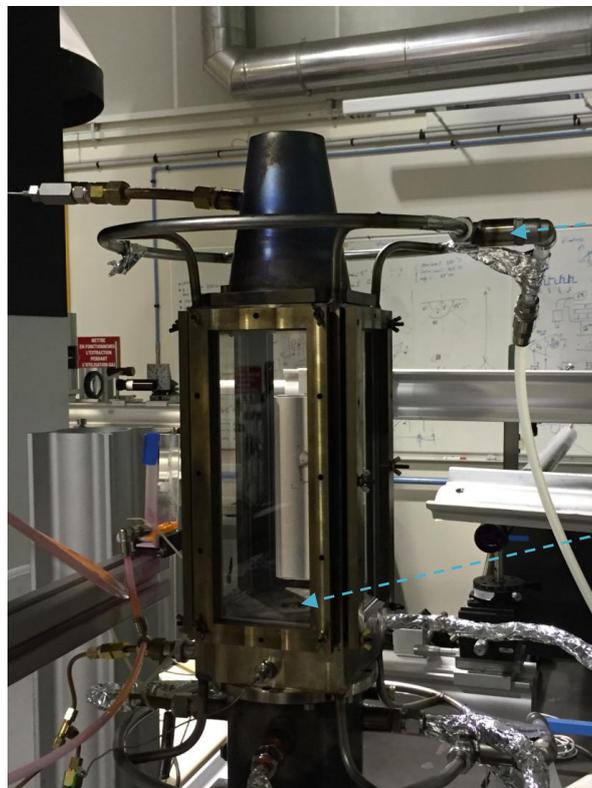
Pour conclure, d'après les calculs de richesse le débit d'air optimal serait de 2 g/s car c'est celui qui donne la richesse la plus élevée (un peu plus de 2). C'est donc avec ce débit qu'on utiliserait le moins de carburant possible. Cependant, dans la réalité, prendre un débit d'air aussi bas est trop risqué car si par exemple la flamme s'éteint, elle ne pourrait peut être pas se rallumer ce qui est très problématique. C'est pour cela que, pour des raisons de sécurité, le débit d'air optimal se situe plus entre 6g/s et 7g/s car la richesse est proche de 1 et la flamme est stable.

4.2.2. Deuxième expérience : variation du débit d'air avec un co-flow swirlé

Nous avons ensuite voulu faire une expérience plus technologique se rapprochant plus de l'utilisation réelle des flammes diphasiques. Nous avons donc utilisé une bague permettant de modifier l'arrivée de l'air sur le brûleur. En effet, cette bague a pour but de donner un mouvement de rotation à l'air à la sortie du brûleur ce qui modifie considérablement les conditions de combustion. L'air et le carburant ne sont plus mélangés de la même façon lors de l'allumage : la structure de la flamme est ainsi modifiée.

De manière à observer le mieux possible l'impact du mouvement de rotation de l'air, la prise de mesure a été faite avec un brûleur confiné. Cette enceinte était constituée d'hublots en quartz. Ce matériau a été utilisé car il est résistant. De plus il permet de prendre des mesures optiques car il est transparent.

En ce qui concerne le montage, il a été ajouté, en plus par rapport à l'explication du montage précédent, un système de refroidissement afin de préserver les vitres en quartz.



Réfrigérant à
eau

Hublot en
quartz

figure 20 : Photo de l'installation du brûleur confiné

Cette expérience n'ayant pas pour but l'étude de l'allumage, la flamme a également été allumée à partir d'une autre avec des valeurs nominales à partir desquelles l'allumage était le plus facile. Toutefois, nous avons remarqué que l'allumage a été plus dur à réaliser du fait de la plus grande dispersion des gouttes de N-heptane. Il a donc fallu attendre un moment afin que les vapeurs du carburant soient présentes dans l'ensemble de l'enceinte pour que l'allumage soit possible.

Comme précédemment, le débit de carburant est de 0,28 g/s ce qui va nous permettre de comparer les deux expériences et de déterminer à quel point la variation de débit d'air joue un rôle prépondérant dans la stabilité de flamme.



figure 21 : Exemple de résultat obtenu

4.2.2.1. Etude de la variation de richesse

Débit d'air (g/s)	Débit de carburant (g/s)	Calcul de la richesse
7	0,28	0,604032
6,5	0,28	0,650496
6	0,28	0,704704
5,5	0,28	0,768768
5	0,28	0,8456448
7,5	0,28	0,5637632
8	0,28	0,528528
8,5	0,28	0,497438118

figure 22 : Calcul de la richesse pour chaque débit d'air

A cause de la difficulté d'allumage, nous avons démarré l'expérience avec un débit d'air de 7,0 g/s, puis nous avons décidé d'utiliser un pas de 0,5 g/s pour nos mesures.

On remarque que la richesse la plus élevée est atteinte lorsque le débit d'air est le plus faible, c'est-à-dire à 5.0 g/s mais la flamme y est instable et un bruit intense se produit. Ce bruit est dû à la forte instabilité de la flamme qui fait varier rapidement la pression autour d'elle et donc produit une onde sonore.

De plus, on constate une diminution de la richesse lorsque le débit d'air augmente. De 5.5 g/s à 8g/s, la flamme est stable mais de moins en moins forte. C'est-à-dire que plus l'on augmente le débit d'air, plus la flamme est haute. Finalement elle finit par s'éteindre à 8.5 g/s car les turbulences sont trop élevées.

On peut en conclure que les conditions optimales pour cette expérience sont : un débit d'air de 5.5 g/s pour un débit de carburant de 0.28g/s.

4.2.2.2. Etude de la hauteur de la flamme

Les mesures de hauteur de flamme ont été réalisées sur le même schéma que précédemment.

Lors de cette deuxième expérience, nous avons aussi pu prendre des vidéos avec une caméra haute vitesse. Donc grâce à la méthode précédente, nous avons pu mesurer la hauteur de stabilisation de la flamme lors d'un écoulement d'air turbulent. Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Débit d'air (g/s)	Nombre de pixels à droite	Nombre de pixels à gauche	Hauteur de flamme à droite (cm)	Hauteur de flamme à gauche (cm)	Différence entre la hauteur à droite et la hauteur à gauche (cm)
5	216	184	21,6	18,4	3,2
5,5	183	176	18,3	17,6	0,7
6	175	169	17,5	16,9	0,6
6,5	177	166	17,7	16,6	1,1
7	197	175	19,7	17,5	2,2
7,5	174	152	17,4	15,2	2,2
8	176	159	17,6	15,9	1,7

figure 23 : Tableau récapitulatif des hauteurs de flamme en fonction des débits

Encore une fois ici, les valeurs en rouge sont les valeurs nominales. Nous remarquons que dans le cas d'un écoulement turbulent les flammes se stabilisent plus bas qu'avec un écoulement droit. Cela est dû aux zones de recirculation interne qui, comme dit précédemment, approche la flamme de la sortie de l'injecteur.

De plus ces zones de recirculation interne stabilisent bien mieux la flamme car nous voyons que la différence de hauteur entre la droite et la gauche est plus faible que lors de la première expérience. Cette différence a une moyenne de 1,7 cm. Contrairement à l'expérience avec un écoulement d'air laminaire, le débit d'air est contenu dans une plage beaucoup plus réduite car en dessous de 5 g/s et au dessus de 8 g/s la flamme s'éteignait.

4.2.3. Comparaison des deux premières expériences

Tout d'abord, nous pouvons remarquer le changement de co-flow a modifié l'apparence de la flamme que nous avons obtenu. La flamme était plus jaune dans la première expérience que dans la seconde. Cette différence de couleur témoigne de la différence de

combustion entre les deux co-flow : dans le cas d'un co-flow droit, la combustion est moins complète.

En ce qui concerne les mesures de richesse. Dans la première expérience, la richesse la plus élevée était d'environ 2 pour un débit d'air de 2 g/s. Dans la seconde expérience, la richesse maximum obtenue a été de 0,84 pour un débit d'air de 5 g/s.

On constate également de grandes différences sur la stabilité de la flamme. En effet, la flamme était globalement plus stable dans la seconde expérience comme en témoigne les deux études de hauteur de flamme

Pour conclure, la deuxième expérience permet d'obtenir une richesse et une stabilité intéressante pour un débit d'air de 5 g/s. Cette expérience est celle qui se rapproche le plus des conditions d'utilisation réelles des flammes diphasiques. En effet la circulation d'air de la deuxième expérience permet une meilleure stabilité.

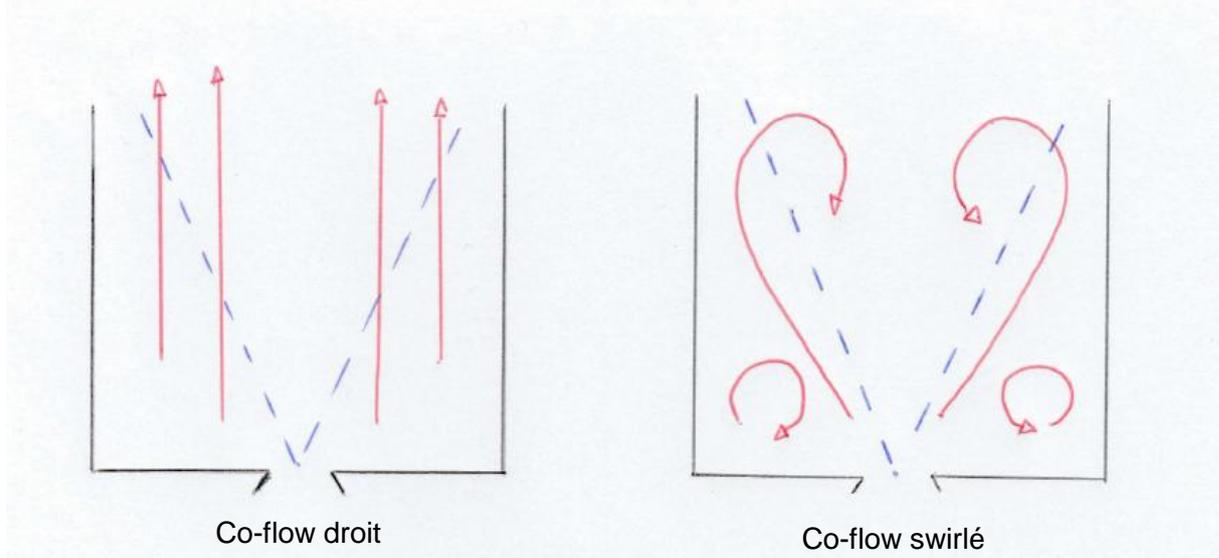


figure 24 : Différence de circulation d'air entre les deux expériences. En rouge la circulation d'air, en bleu le spray de carburant

4.3. Allumage induit par focalisation laser

Cette troisième manipulation a pour but d'étudier et de trouver les meilleures conditions d'allumage de la flamme.

De manière générale, dans les moteurs aéronautiques, l'allumage se fait à partir d'une bougie qui crée une étincelle ou un arc électrique. Cependant à travers cette expérience, nous avons cherché à déterminer les conditions les plus favorables à l'allumage. On étudie alors l'allumage à différentes coordonnées et à différentes intensités et on relève, pour chaque paramètre, la probabilité d'allumage.

Pour cela, utilise une méthode particulière : l'allumage induit par focalisation laser. Il présente deux principaux avantages : on peut d'une part contrôler le niveau d'énergie émit et, d'autre part, influencer sur sa localisation comme nous l'avons évoqué précédemment. En effet, le point de dépôt de l'énergie peut être modifié facilement au sein de la chambre de combustion.

On notera néanmoins que pour être observé, ce type d'allumage nécessite des outils optiques très encombrants. Aujourd'hui l'allumage laser n'est pas applicable dans les moteurs réels car l'encombrement est trop important. Si dans le futur on arrive à faire des systèmes laser miniaturisés, on pourrait envisager le remplacement des bougies.

Le principe de l'allumage induit par focalisation laser est simple. Il consiste à focaliser le faisceau d'un laser pulsé à l'aide d'une lentille convergente, jusqu'à l'obtention d'une phase de claquage. Cette phase peut être décrite par des étapes précises mais on peut l'expliquer brièvement : si l'énergie accumulée au point de focalisation est suffisante, le milieu devient opaque. L'énergie y est alors accumulée et, lorsqu'elle est suffisante, un claquage se produit et un plasma est formé, faisant ainsi naître la flamme.

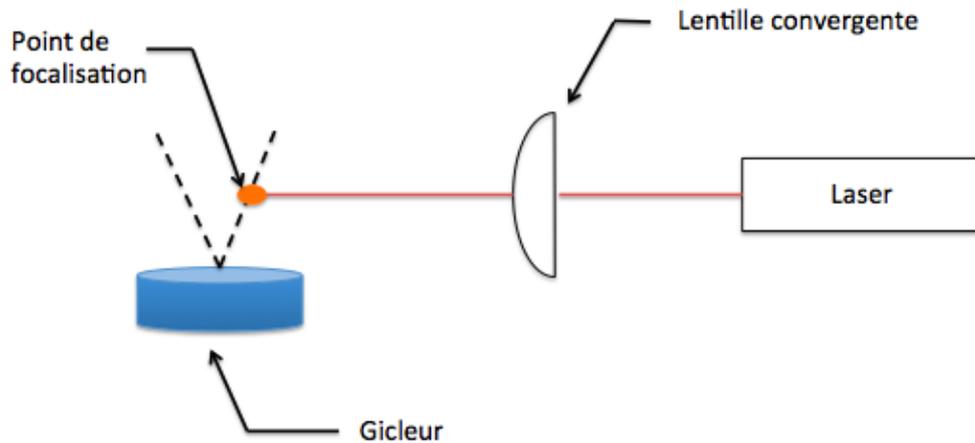


figure 25 : Schéma simplifié du fonctionnement de l'allumage par focalisation laser

Pour cette expérience, le dispositif est le même que pour la première et la deuxième. L'injecteur de carburant est le même et on utilise un co-flow swirlé pour l'arrivée d'air. La caméra utilisée est cependant différente : on filme ici à l'aide d'une caméra Camarc V2512, qui permet de capturer 4000 images/secondes. On peut de cette manière suivre précisément l'évolution de la flamme, comme nous le montre ces images.

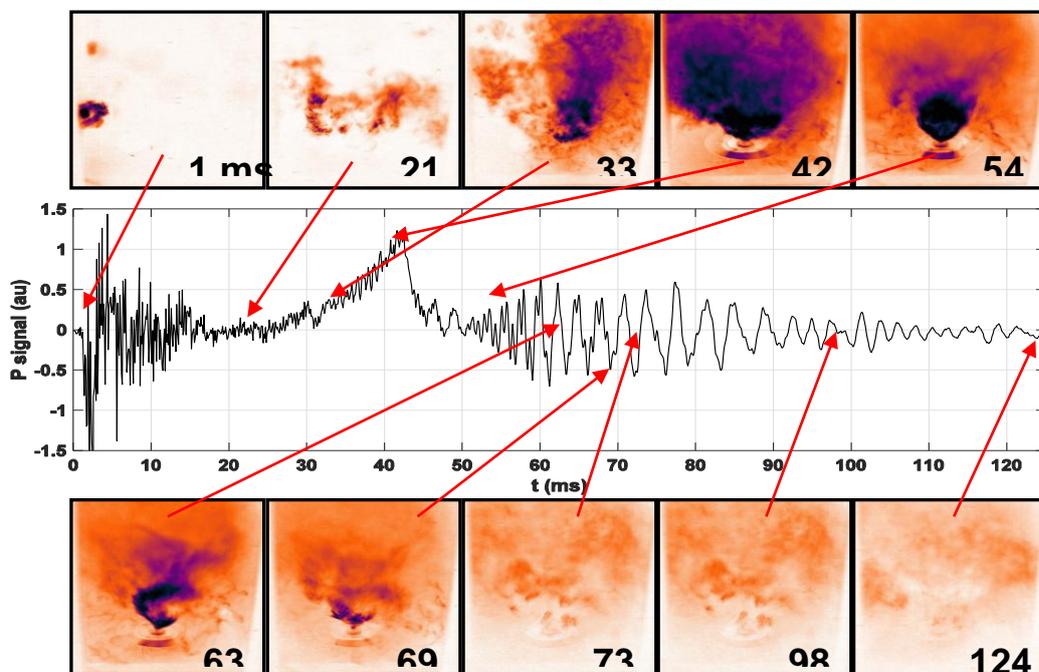


figure 26 : Evolution de la flamme au cours de l'allumage par focalisation laser

L'étude de l'allumage par focalisation induite par un laser fait l'objet d'études actuelles au sein du Coria. C'est pourquoi nous avons seulement réalisé deux mesures afin de comprendre le fonctionnement de cette technique et de s'y familiariser. En effet, ces manipulations permettent, à terme, de réaliser une cartographie complète de la flamme avec les probabilités d'allumage correspondantes. En voici un exemple.

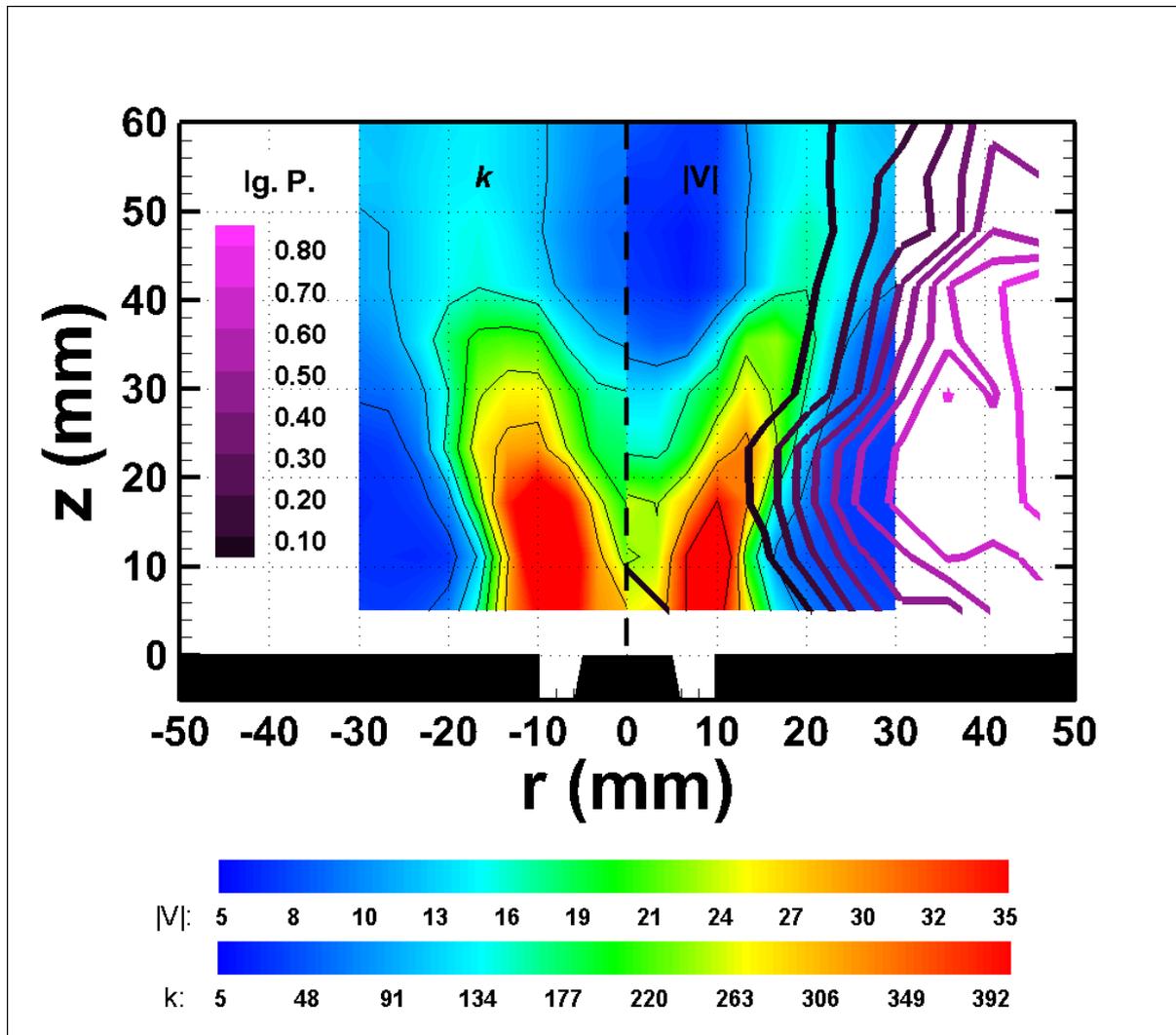


figure 27 : Cartographie de la probabilité d'allumage

Sur cette cartographie, on trouve en ordonnée la hauteur par rapport à la base du brûleur. 0 mm correspond à la base du brûleur. En abscisse, r correspond à la distance radiale. $r=0$ mm correspond au centre du brûleur.

Le graphique est divisé en deux parties:

- La partie de gauche donne l'énergie cinétique turbulente qui traduit la turbulence dans le milieu.
- La partie de droite donne le champ de vitesse en m/s. Les probabilités sont données par les isolignes. On remarque qu'au centre du brûleur la probabilité d'allumer est nulle. En revanche plus on s'approche de la paroi plus la probabilité est grande, on peut obtenir jusqu'à 80% de probabilité d'allumage.

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

5.1. Conclusions sur le travail réalisé et perspectives pour la poursuite de ce projet

Pour conclure cette étude nous a permis de déterminer les paramètres de stabilité de flammes ainsi que leurs influences sur celles –ci. Nous avons remarqué que la variation du débit d'air impacte de manière conséquente la structure d'une flamme diphasique.

En effet, les flammes sont plus stables dans le cas d'un co-flow swirlé. De plus, le calcul de richesse nous a permis de constater que la flamme la plus économique est une flamme très pauvre qui est à l'inconvénient d'être très instable. Cependant, la comparaison entre les deux premières expériences nous a permis de constater qu'une flamme pauvre en carburant est beaucoup plus stable en utilisant un co-flow swirlé.

Concernant l'allumage, il est apparu lors de l'étude de l'allumage par focalisation laser des zones où la probabilité d'allumage était beaucoup plus forte que d'autres.

La combinaison de ces trois études nous permet donc de connaître le lieu où la probabilité d'allumage est la plus forte ainsi que les débits permettant une utilisation de carburant économique tout en assurant une certaine stabilité de la flamme.

Ces observations expérimentales sont bien cohérentes avec les prévisions de la théorie. Nous pouvons donc dire l'objectif de notre projet a été atteint. En effet, nous avons réussi à mettre en évidence quelques paramètres influant sur l'allumage, la combustion et la stabilité des flammes diphasiques

Les perspectives pour ce projet pourraient être d'étudier l'influence d'autres facteurs tels que le carburant sur la stabilité des flammes. De plus, les expériences pourraient être menées à basse pression et à des températures plus basses afin de simuler les conditions réelles d'utilisation des flammes diphasiques dans le contexte de l'aviation.

5.2. Conclusions sur l'apport personnel de cet E.C. projet

Partant d'un bagage intellectuel quasi nul sur les flammes diphasiques, pour la plupart d'entre nous ce projet a été plus qu'enrichissant. Nous avons pu étudier les flammes diphasiques en théorie mais surtout, nous avons eu l'occasion de fréquenter un laboratoire bien équipé dans lequel nous avons pu mener nos différentes études expérimentales.

Ce projet nous a aussi permis de faire des applications concrètes des notions apprises en P8, Chimie, Maîtrise des risques et autres EC de STPI. La polyvalence de ce projet a permis à chacun d'entre nous de s'enrichir, quel que soit le département choisi pour l'année prochaine.

La principale difficulté rencontrée pendant la réalisation du projet était de trouver des documents rédigés en français permettant de comprendre les notions de base. La plupart des documents étaient en anglais avec un vocabulaire technique. De plus, il existe très peu de documentation accessible sur internet. Cependant, cette difficulté a été très vite surmontée grâce nos recherches personnelles et surtout grâce à l'aide de notre responsable de projet.

Pour finir, ce projet nous a permis de développer notre capacité à travailler en équipe avec des personnes qu'on ne connaissait pas forcément et à organiser notre emploi du temps pour mener à bien ce projet.

6. BIBLIOGRAPHIE

- [1] Grégory HANNEBIQUE “ Etude de la structure des flammes diphasiques dans les brûleurs aéronautiques ”, Thèse 2013.
- [2] Matthieu CORDIER, “Allumage et propagation de flamme dans les écoulements swirlés : études expérimentales et numériques”, Thèse 2013.
- [3] Céline CARDIN, “Etude expérimentale des phénomènes physico-chimiques de l’allumage dans des écoulements laminaires et turbulents”, Thèse 2013.
- [4] lien internet : Tiré de <http://ethesis.inp-toulouse.fr/> (valide à la date du 25/05/2016).
- [5] lien internet : Tiré de <http://www.cerfacs.fr/> (valide à la date du 25/05/2016).
- [6] lien internet : Tiré de <https://fr.wikipedia.org/wiki/Turbulence> (valide à la date du 09/06/2016).
- [7] lien internet : Tiré de www.lavionnaire.fr (valide à la date du 09/06/2016)
- [8] lien internet : Tiré de <https://fr.wikipedia.org/wiki/Turboréacteur> (valide à la date du 09/06/2016)
- [9] lien internet : Tiré de http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=24 (valide à la date du 09/06/2016)
- [10] lien internet : Tiré de <http://www.carnetdevol.org/Kittyhawk/histoire.htm> (valide à la date du 09/06/2016)
- [11] lien internet : Tiré de <https://www.youtube.com/watch?v=n19eFEKTCTM> (valide à la date du 09/06/2016)
- [12] lien internet : Tiré de <http://www.journal-aviation.com/> (valide à la date du 09/06/2016)

7. ANNEXES

7.1. Présentation du Coria

Le Coria est une Unité Mixte de Recherche rattachée à l'Institut d'Ingénierie et des Systèmes (INSIS) du CNRS, à l'Université de Rouen et à l'institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Rouen. Cette UMR se situe sur le technopole du Madrillet, près de Rouen, en Haute Normandie.

Le CORIA couvre différents domaines de recherche, notamment : les écoulements diphasiques, combustion, plasma, etc. Les mécanismes physiques et les procédés menant à la réduction des émissions polluantes dans les systèmes réactifs constituent les axes principaux de recherche.

Les spécificités du Coria sont :

- Le développement des techniques de simulation numériques en mécanique des fluides.
- Le développement de diagnostics optiques et lasers.
- Une forte implication dans les projets régionaux, dans les programmes de recherches nationaux et européens.
- Plusieurs collaborations nationales et internationales.

Les recherches effectuées par le Coria s'appliquent à différents domaines en particulier dans les domaines de l'énergie et des transports. Plusieurs partenariats existent avec des groupes industriels français importants (ERT avec GDF-Suez par exemple).

Il participe au programme INCA qui structure les relations du groupe SNECMA et du CNRS. Le Coria a été au niveau national le noyau du CNRT « combustion dans les moteurs ».

Le Coria est le noyau de l'un des vingt premiers Instituts Carnot créés en France, Energétique et Systèmes de Propulsion (Carnot ESP).

Dans le cadre des « investissements d'avenir », un laboratoire appelé EMC3 (Energy Materials and Clean Combustion Center) a été créé en 2011. Il regroupe le Coria, le GPM (INSA de Rouen et Université de Rouen), le LOMC (Université du Havre) et des laboratoires de Basse-Normandie (CRISMAT, LCMT, LCS, CIMAP).

Le CORIA regroupe des nos jours 170 personnes, dont des chercheurs CNRS et enseignant-chercheurs de l'Université de Rouen et de l'INSA de Rouen, des Ingénieurs, des techniciens, des personnels d'aide a la recherche, des administratifs et 70 doctorants. De plus, il est le centre d'accueil pour des nombreux visiteurs.

La recherche au CORIA est organisée en trois départements, et chaque département est lui-même divisé en « Groupes Thématiques » ou GT.