



RAPPORT DE STAGE

LERMA

Laboratoire D'Etudes du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique et Atmosphères

Stage d'observation de 3ème de la période du 12 au 17 décembre 2022.

Stagiaire :
ESPIAU Eliot
3ème1 collège val cérou
de corde sur ciel.

Tuteur de stage :
Saoud BAUCHE



Sommaire

- Introduction-----page 3.
- Présentation du laboratoire-----pages 4 et 5.
- Ma semaine au laboratoire-----page 6.
- Les recherches :
 - Présentation-----page 7.
 - Thème de recherches-----page 8.
- Les outils d'expérimentation :
 - VENUS et Formolism 1 et 2-----page 9.
- Lexique-----page 10.
- Remerciements-----page 11.
- Conclusion-----page 12.
- Annexes 1 à 5-----pages 13-17.

Introduction

Depuis quelques années je m'intéresse beaucoup à tout ce qui tourne autour de l'astrophysique et de la physique quantique. J'ai lu pas mal de livres sur le sujet, et regardé de nombreuses vidéos de vulgarisation et des reportages sur l'astrophysique.

C'est pour cette raison que j'ai choisi de faire mon stage d'observation dans un laboratoire d'astrophysique.

Le métier de chercheur en astrophysique m'a toujours attiré car il correspond à ma matière préférée, la physique, où j'obtiens de bons résultats au collège.

J'ai donc souhaité découvrir le monde de la recherche en université afin de me rendre compte si cela correspondait à mes attentes.

J'ai trouvé ce stage par l'intermédiaire de ma sœur aînée, qui travaille dans la même université que ce laboratoire de recherche en astrophysique.

Je lui ai donc demandé leurs coordonnées afin de présenter ma candidature, ne sachant pas s'ils acceptaient les stagiaires de troisième, vu la complexité de leurs recherches.

J'ai donc envoyé une lettre de motivation et un CV et, à ma grande surprise, ils ont accepté ma demande de stage.

J'ai donc pris le train en direction de la capitale.

Présentation du laboratoire (plan annexe 1)

ORGANISATION

En France les laboratoires de recherches sont affiliés à un ou plusieurs établissements d'enseignements supérieurs , et a un organisme de recherche comme le CNRS, CNES...

Le laboratoire de recherche d'astrophysique LERMA du site de Neuville est affilié à l'université de Cergy Paris Université et au CNRS.

Le LERMA est situé dans le bâtiment D du site de Neuville-sur-Oise de Cergy Paris Université.

Ce laboratoire est spécialisé dans la recherche sur la formation de molécules dans l'espace. Pour compléter les recherches, le LERMA étant un laboratoire du CNRS, il bénéficie de partenariats avec tous les laboratoires d'astrophysique et d'astrochimie et notamment le LERMA de la Sorbonne et de l'Observatoire de Paris.

FINANCEMENTS

La faculté de Cergy Paris finance une partie des recherches, une autre partie est financée par l'agence nationale de recherche et les bourses de l'école doctorale, tous les financements sont publics.

COMPOSITION

(Organigramme annexe 2)

Le LERMA se compose de 12 personnes :

Enseignants chercheurs :

- François DULIEU (professeur) directeur du laboratoire
- Henda CHAABOUNI
- Vincent COBUT
- Emanuele CONGIU
- Audrey MOUDENS

Doctorants :

- Francesco GRIECO
- Shreya KAKKENPARA
- Basile HUSQUINET
- Julie VITORNIO

Ingénieur de recherches :

- Saoud BAUCHE

Mécanique :

- Laurent NUSSBAUM (technicien)

Informatique :

- Stéphan DIANA

PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTS MÉTIERS.

Enseignant chercheur :

- C'est un chercheur qui donne des cours à des étudiants en université.

Doctorant :

- C'est un étudiant ayant un master ou un diplôme d'ingénieur qui fait une thèse pour devenir docteur pour avoir la possibilité de devenir chercheur.

Ingénieur de recherches :

- C'est un ingénieur qui peut avoir des tâches complètement différentes selon les endroits dans lequel il se trouve. Dans le cas de Saoud Baouche (mon maître de stage), il imagine et il construit les machines d'expérimentation.

Technicien :

- Un technicien aussi peut avoir des tâches différentes selon l'endroit dans lequel il se trouve. Dans le cas de Laurent NUSSBAUM il aide l'ingénieur de recherche pour construire les machines d'expérimentation, mais il aide aussi à la maintenance du laboratoire.

SÉCURITÉ

Dans ce laboratoire il faut des règles de sécurité car ils travaillent avec des produits dangereux comme le monoxyde de carbone etc. Donc les règles de sécurité sont :

- Le port de la blouse est obligatoire.
- Le port de protections auditives lors de l'utilisation de l'air comprimé est **obligatoire**.
- En cas d'alarme sonore (fuites de gaz) sortir **immédiatement** de la salle d'expérimentation et référer l'incident à un responsable .
- Rester concentré lors des manipulations, ne pas **courir, fumer ou manger**.

Ma semaine au laboratoire :

J' ai été accueilli lundi matin par Saoud Baouche qui, comme il était très occupé, m'a confié à Basile Husquinet (1ère année de doctorat).

Je suis allé remplir avec lui, un récipient d'azote liquide pour la machine d'expérimentation (Vénus) et il m'a expliqué ce que le laboratoire étudiait.

Puis il m'a expliqué son sujet de thèse. Ensuite nous sommes allés préparer une de ses expériences sur les routes moléculaires, c'est à dire recrée les conditions de la formation d'une molécule dans l'espace.

Chaque midi, je suis allé manger au Crous (cantine de l'université) avec toute l'équipe du laboratoire, ce qui m'a permis de discuter de leurs recherches avec eux.

L'après midi je retournais avec Basile faire des expériences sur les machines en laboratoire.

Au cours de ma semaine, j'ai pu discuter et poser des questions au directeur du laboratoire (François DULIEU), il m'a expliqué sa fonction au sein du laboratoire ainsi que son financement.

J'ai aussi pu observer les travaux de l'ingénieur de recherche, je l'ai vu monter le cryostat¹ sur la nouvelle machine Formolism2 .

Malheureusement j'ai fais moins de choses que prévu car comme c'était la dernière semaine avant les vacances, et que dans la recherche, il n'y a pas d'horaires imposés contrairement aux entreprises, il n'y avait presque plus personne les derniers jours.

De plus les machines prennent beaucoup de temps à s'arrêter, ils ont donc dû les éteindre car, pour des raisons d'économie d'énergie, l'université a décidé de couper l'électricité et le chauffage pour toute les vacances.

Afin de compléter ma semaine, Basile m'a proposé de participer à une visite animée du planétarium (annexe 3) .

Il s'agit d'un dôme gonflable avec un projecteur a l'intérieur couplé à un ordinateur. J'ai pu y observer une supernova² ainsi que l'évolution dans le temps de la voûte céleste depuis 500 ans.

Les recherches

1. Présentation

Depuis la nuit de temps, l'Homme s'intéresse au ciel nocturne. Il a puisé dans son imagination pour structurer les histoires des comptes et légendes en reliant point à point les étoiles du ciel pour dessiner les constellations.

Très tôt dans notre civilisation, l'existence des constellations a été pour l'Homme une évidence. La compréhension du ciel durant l'Antiquité et le Moyen-âge a permis de développer les bases de la recherche scientifique en Astrophysique Aujourd'hui.

L'existence des constellations divise le ciel en 88 parties non-égales dans l'hémisphère nord et sud.

Durant ces 500 dernières années, la connaissance en Astronomie, s'est accélérée et les premières galaxies et nébuleuses ont pu être répertoriées et observées.

L'étude de ces objets est aujourd'hui primordiale pour comprendre l'apparition de la vie sur Terre et les conditions de son apparition.

C'est pour répondre à ces problématiques que le LERMA étudie, dans les conditions le plus proche possible de l'espace interstellaire, la formation de radicaux et de molécules prébiotiques, molécules indispensables à l'apparition de la vie sur Terre tel que l'eau, l'ammoniaque, le monoxyde de carbone...

La compréhension des processus de formation de ces molécules pourrait répondre aux questions :

« D'où vient la vie ? D'où venons-nous ? Pourquoi l'eau, élément de la vie sur Terre et non pas l'ammoniaque ? ».

La recherche au LERMA nécessite une équipe de chercheurs et de techniciens permettant la réalisation de ces expériences simulant le milieu interstellaire, soit, $E-10 \text{ Bar}^3$ à 10 K^4 (VENUS) annexe 4.

C'est avec cette équipe que j'ai passé ma semaine de stage d'observation de troisième pour comprendre comment fonctionne ce laboratoire de recherche qui étudie principalement les routes moléculaires.

2. Thème de recherche « Les routes moléculaires »

On fait des expériences en laboratoire en reproduisant les conditions interstellaires pour connaître le chemin de formation des molécules dans l'espace.

On étudie les routes moléculaires (chemin ou route moléculaire est un terme de vulgarisation) pour comprendre où, comment, et quand certaines molécules se sont formées dans l'univers.

On sait, depuis l'apparition d'un article de 1939 de Hans Bethe, que toutes les molécules et les atomes que nous observons sont issues de la formation des étoiles (nucléosynthèse). En effet c'est dans ces étoiles, que sont produits les atomes des molécules d'eau que nous buvons ou de l'air que nous respirons (hydrogène, azote, carbone, oxygène ...).

La fin de vie d'une étoile est souvent cataclysmique (supernova⁵). C'est à la suite de ce cataclysme que se forme les nébuleuses⁶ dans lesquelles on retrouve les éléments produits par l'étoile à l'origine concentré autour de grains de poussières.

Les expériences du LERMA recrée en laboratoire les conditions similaires au milieu interstellaire présentes dans ces nébuleuses et plus précisément dans les grains de poussières interstellaires, dont les principaux éléments sont l'hydrogène, l'hélium, le carbone et l'oxygène qui sont les atomes les plus abondants dans ces nuages interstellaires.

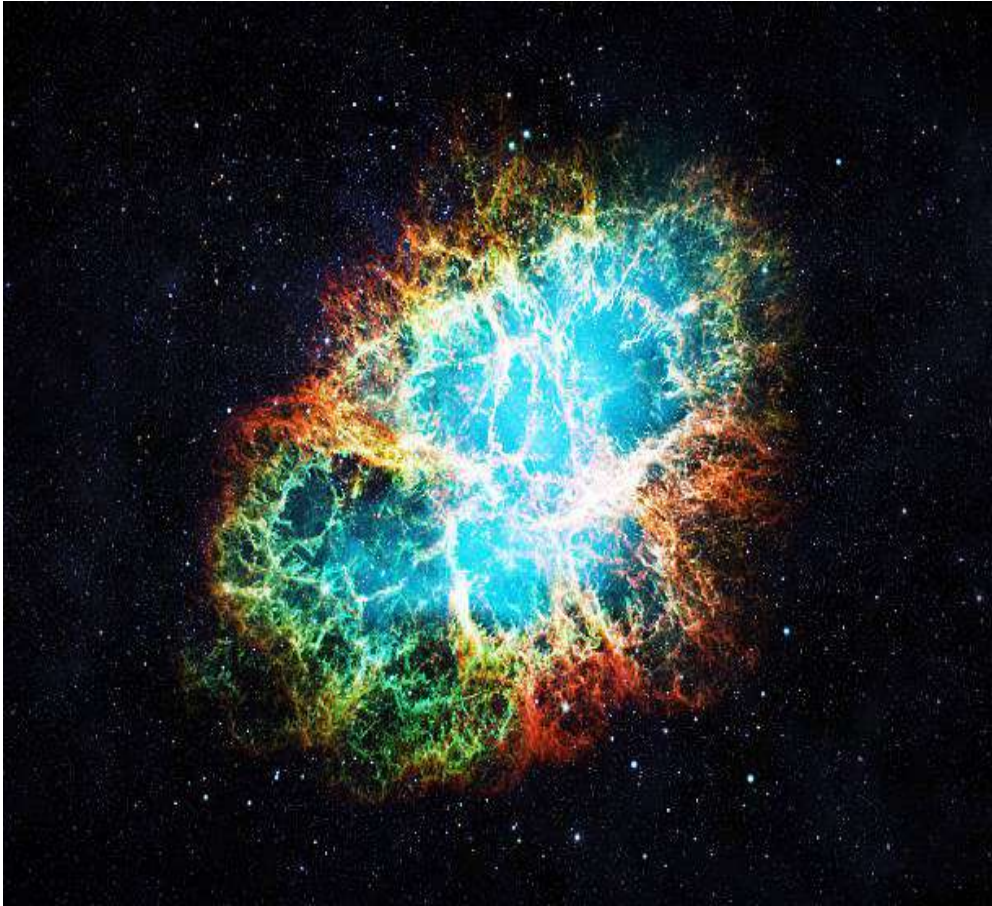


Image de la nébuleuse du crabe.

Exemple d'une route moléculaire :

- Par exemple pour la route moléculaire de l'eau (la plus simple) :
 $O + H \Rightarrow OH$; $OH + H \Rightarrow H_2O$

- Mais il peut avoir plusieurs routes possible comme :
 $OH + H_2 \Rightarrow H_2O + H$

- Pour compliquer un peu les choses on peut rajouter du O_2 dans l'expérience :
 $O_2 + H \Rightarrow H_2O + OH$
Bien sûr le OH restant peut réagir avec un autre H pour donner de l'eau (H_2O)

O: atome d'oxygène

H: atome d'hydrogène

H_2O : molécule d'eau

H_2O_2 : molécule d'eau oxygéné

Les outils d'expérimentation

1. VENUS (annexe 4)

Le dispositif VENUS a été conçu en 2011 par Saoud Baouche (mon maître de stage), il permet d'étudier les réactions chimiques formées dans le cosmos (nébuleuses, disque proto-planétaire⁷, comètes) en étudiant leurs interactions sur des surfaces condensées. Ces réactions à très basse pression et température.

Les expériences faites avec VENUS se font dans l'ultra vide et proche du 0 absolu⁵.

Pour rester à ces conditions extrêmes, VENUS est fabriquée en acier inoxydable (qui résiste à la rouille), et pour garantir un ultravide plus stable, les joints sont en cuivre.

Ainsi VENUS est capable de reproduire ces conditions extrêmes.

Pour reproduire la surface du grain de poussières interstellaire, on utilise un substrat en or d'un rayon de 9 millimètres que l'on placera dans la chambre principale, ce substrat est refroidi avec un cryostat qui permet de maintenir l'hélium liquide à une température de 4 kelvin (-269,15°C).

Les molécules en provenance des jets convergent vers la surface du substrat ultra froid. C'est à ce moment là qu'on utilise le QMS⁸ ou le spectromètre IR⁹ pour étudier les réactions chimiques qui se déroulent à la surface du substrat (or).

On utilise de l'or, tandis que les grains de poussières dans l'espace sont constitués de silicium et d'autres métaux, car il a l'avantage de ne pas s'oxyder au cours du temps et donc ne crée pas de liaison avec les molécules déposées.

Les atomes d'or ne peuvent donc pas être arrachés de l'échantillon lors des réactions chimiques.

2. Formolism (annexe 5)

Formolism est la plus ancienne machine d'expérimentation de ce laboratoire car elle a été construite en 2001.

Je n'ai pas pu la voir fonctionner car elle était en panne, au grand désespoir de Fransesco, doctorant italien, qui n'a pas pu finir une partie de sa thèse qu'il effectuait à moitié en France et à moitié en Allemagne.

La panne se situe au niveau du surfatron (sorte de micro-onde).

Le substrat de formolism est en graffite à la place de l'or sur Venus et le spectromètre de masse est mobile.

Il y a en construction, une nouvelle machine qui s'appellera Formolism2 qui sera plus performante et aura les avantages de Formolism et VENUS à la fois.

Néanmoins Formolism sera réparé pour servir de machine test.

Lexique

1. Cryostat : Outils de refroidissement à l'hélium du substrat.
2. Supernova: explosion d'une étoile.
3. Bar: unité qui décrit la pression.
4. Kelvin: unité de température qui commence au 0 absolu⁵.
5. Zéro (0) absolu : Le 0 absolu est la température la plus basse qui puisse exister soit (- 273,15 °C)
6. Nébuleuse : Amas de poussières qui provient d'une ancienne étoile.
7. Disque proto-planétaire : Disque rocheux autour d'une jeune étoile qui formera plus tard les planètes autour de celle-ci.
8. QMS : **Q**uadrupole **M**ass **S**pectrometer : spectromètre de masse, c'est une machine qui nous sert à mesurer la masse des molécules présentes sur le substrat, qui après nous servira à deviner quels molécules son présentes sur le substrat.
9. IR : **I**fra-**R**ouge, souvent associé à son spectromètre.

Remerciements

J'adresse mes plus sincères remerciements à toute l'équipe du laboratoire du LERMA pour m'avoir accueilli chaleureusement au sein de leur établissement, et pour m'avoir transmis leurs connaissances dans un domaine qui me passionne.

Mentions spéciales :

Merci à M.Dulieu (directeur du laboratoire), de m'avoir accordé un peu de son temps précieux.

Merci à Basile Husquinet (doctorant), pour m'avoir transmis tout ce dont j'avais besoins pour mon stage, et aussi de m'avoir permis d'en apprendre plus sur la physique et le monde de la recherche.

Merci à Saoud Baouche (ingénieur de recherche), pour avoir pris la responsabilité de m'accepter en stage au laboratoire du LERMA.

Merci à ma sœur, Sarah Visage, pour m'avoir permis de trouver ce stage et de m'avoir hébergé.

Conclusion

J'ai beaucoup aimé accompagner Basile dans ses expériences, j'ai aussi aimé voir la machine en pleine action, j'ai beaucoup apprécié parler de physique avec l'équipe du laboratoire.

Malheureusement les machines d'expérimentation ont dû être éteintes avant les vacances par soucis d'économie d'énergie, et donc il n'y avait presque plus personnes présentes au laboratoire les trois derniers jours.

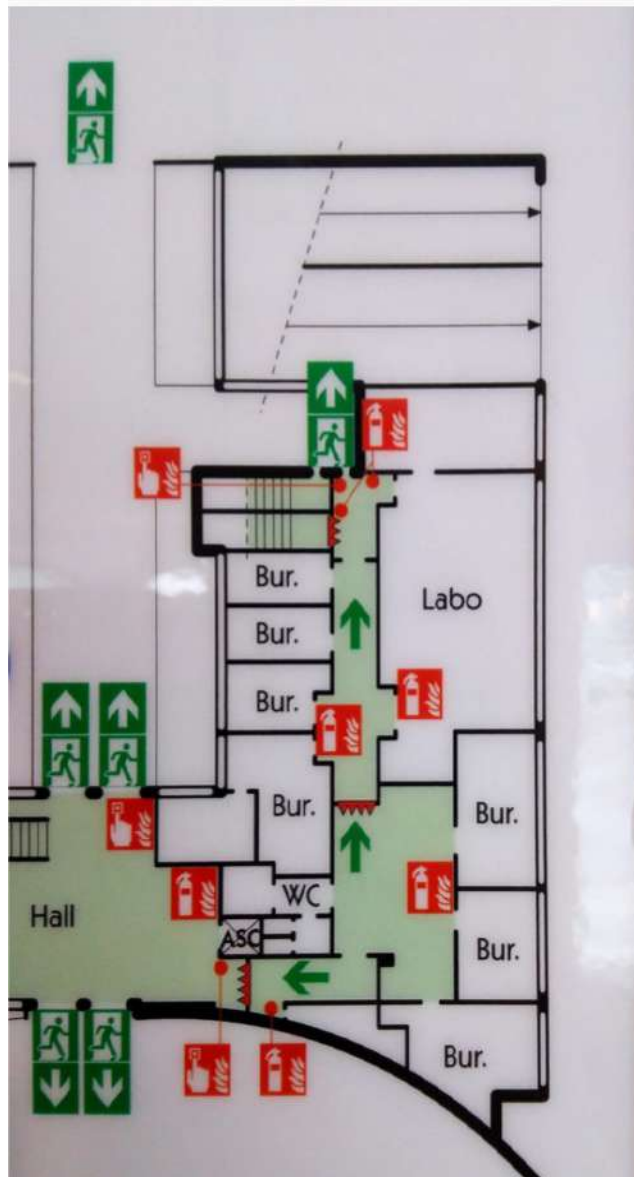
J'ai pu observer le fonctionnement d'une université voir quelques salles de TP. J'ai aussi visité le planétarium et voir quelles sortes d'activités sont proposées au étudiants.

Pour finir je voudrais dire à quel point j'ai apprécié la disponibilité et l'accessibilité des chercheurs, et l'état d'esprit de la communauté scientifique.

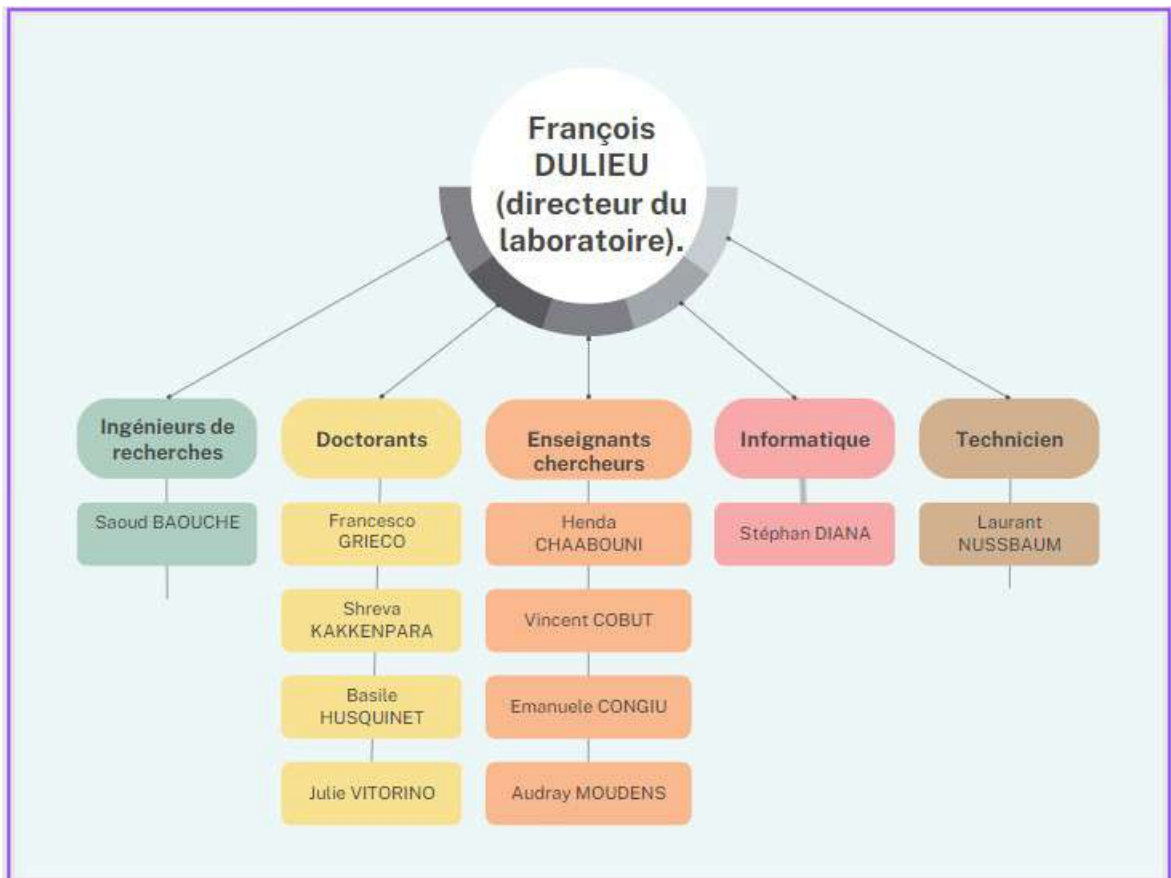
Je suis quand même content d'avoir compris un certain nombres de choses, grâce à ce stage je me sens capable de poursuivre des études dans la physique.

Ce ne fut pas difficile d'apprécier ce stage car je suis passionné de physique.

ANNEXE 1:



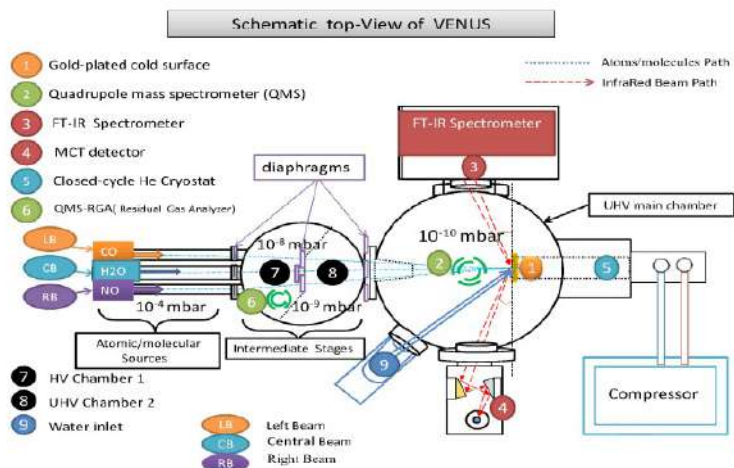
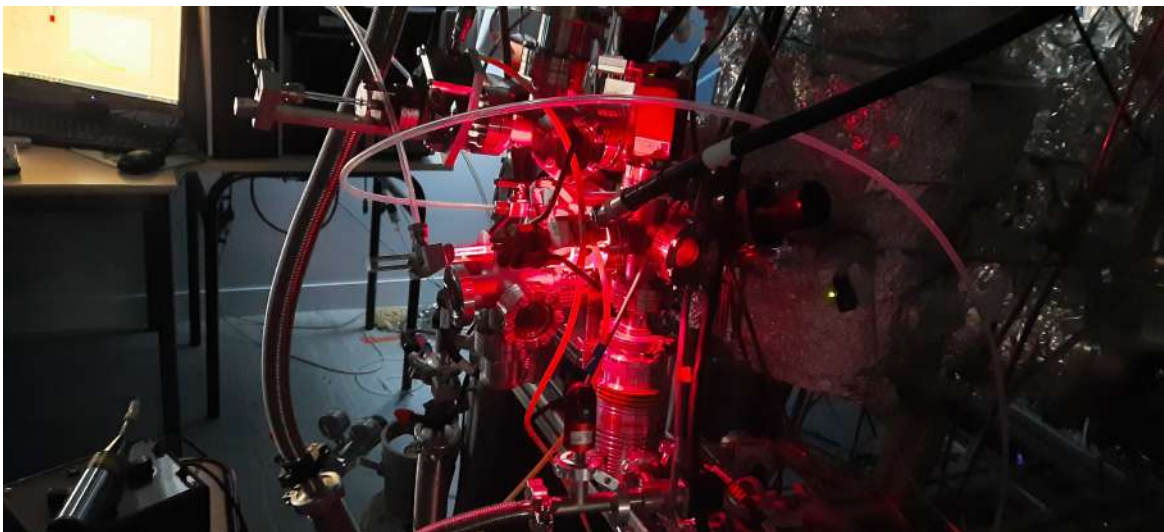
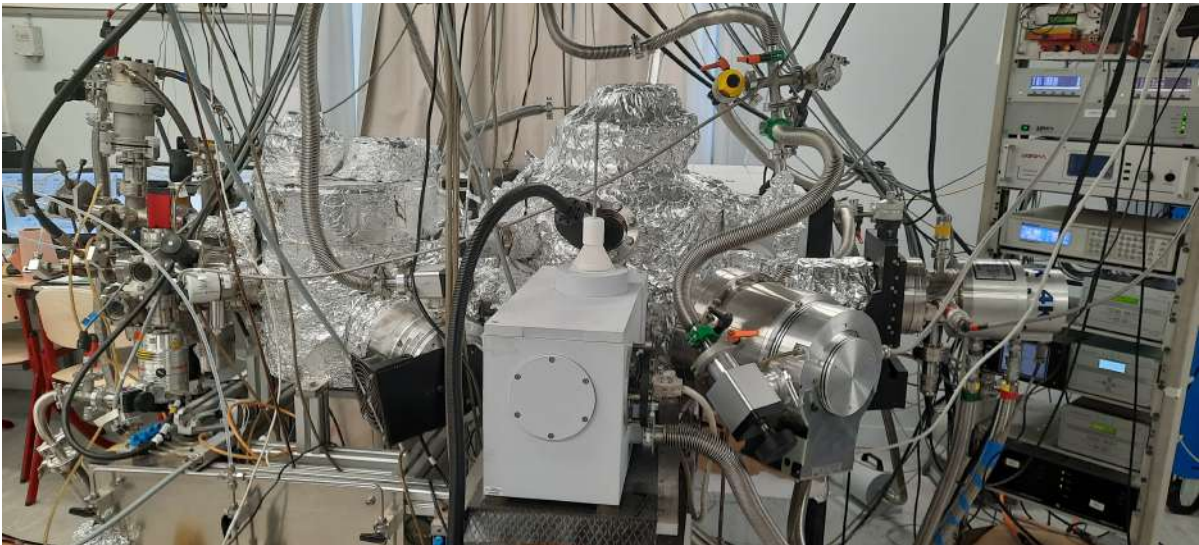
ANNEXE 2 :



ANNEXE 3 :



ANNEXE 4 :



ANNEXE 5 :

