



*présenté par*

**Franca DE DOMENICO-LANGER**

## **Stage d'observation au Synchrotron SOLEIL**

Encadrant : **M. Nicolas JOBERT**

**Collège Taison  
Synchrotron SOLEIL**

---

# **Table des matières**



# Introduction

Mon stage s'est déroulé au synchrotron SOLEIL en région parisienne.

Le synchrotron SOLEIL est un laboratoire de recherche scientifique destiné à l'étude de la matière à l'échelle du nanomètre qu'elle soit vivante ou inerte. Il est équipé d'un accélérateur d'électrons. Les physiciens exploitent le rayonnement synchrotron émis par les électrons circulant dans l'accélérateur pour fournir des sources de lumière extrêmement brillante.

Pendant mon stage, j'ai été encadrée par M. Jobert, qui travaille dans le groupe conception et ingénierie en tant qu'ingénieur spécialisé en calcul scientifique. J'ai aussi découvert l'ensemble des corps de métier qui interviennent pour faire fonctionner le synchrotron.

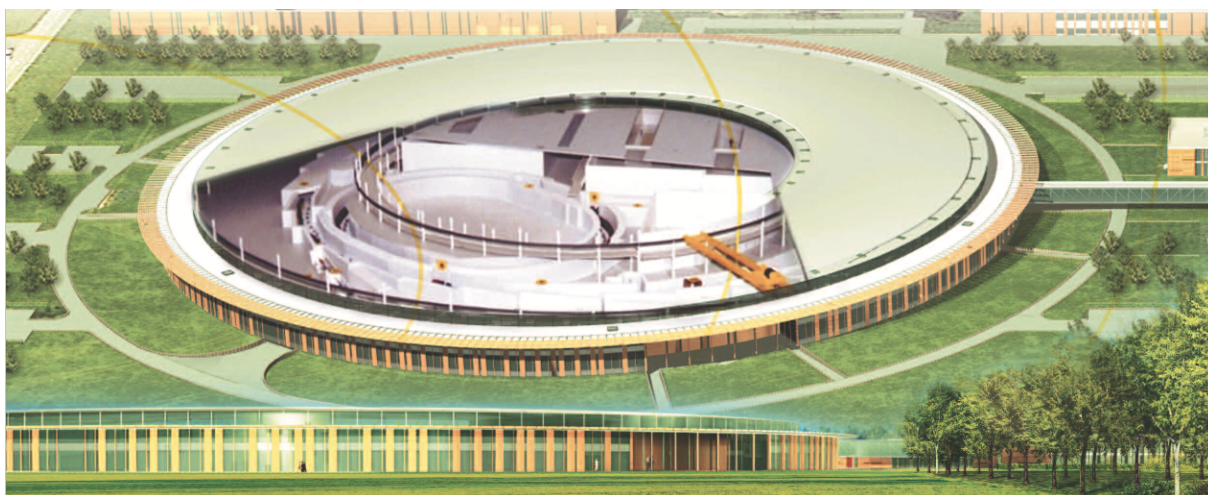


FIGURE 1 – Maquette du laboratoire Soleil (vue d'artiste)



# Chapitre 1

## Exploration de l'entreprise

### Sommaire

<b>1.1 Le rôle du laboratoire Soleil</b>	<b>1</b>
1.1.1 Secteur d'activité	1
1.1.2 Moyens	1
Personnels	1
Équipements	1
<b>1.2 Exemple minimal</b>	<b>1</b>
1.2.1 Glossaire et citations	1
1.2.2 Tableaux et figures	2
1.2.3 Symboles mathématiques	2
<b>1.3 Deuxième paragraphe</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Références</b>	<b>3</b>

## 1.1 Le rôle du laboratoire Soleil

### 1.1.1 Secteur d'activité

Le laboratoire SOLEIL est une entreprise du secteur tertiaire. Elle est installée sur le plateau de Saclay en région parisienne. L'objectif du laboratoire est la recherche fondamentale.

Des personnes venant du monde entier viennent faire des recherches au synchrotron SOLEIL parce qu'il y a peu d'équipement aussi performants dans le monde (deux en France). Le second se trouve à Grenoble qui lui est un synchrotron européen donc une partie appartient aux français et le reste à d'autres pays européens.

### 1.1.2 Moyens

#### 1.1.2.1 Personnels

En décembre 2015, 432 personnes travaillent au laboratoire SOLEIL. L'âge moyen des salariés est de 44 ans. 5 personnes souffrant d'un handicap travaillent à SOLEIL. L'ancienneté moyenne des salariés est de 8 ans.

75%, c'est à dire 267, des salariés SOLEIL sont des hommes 150 sont cadres et 117 sont non cadres.

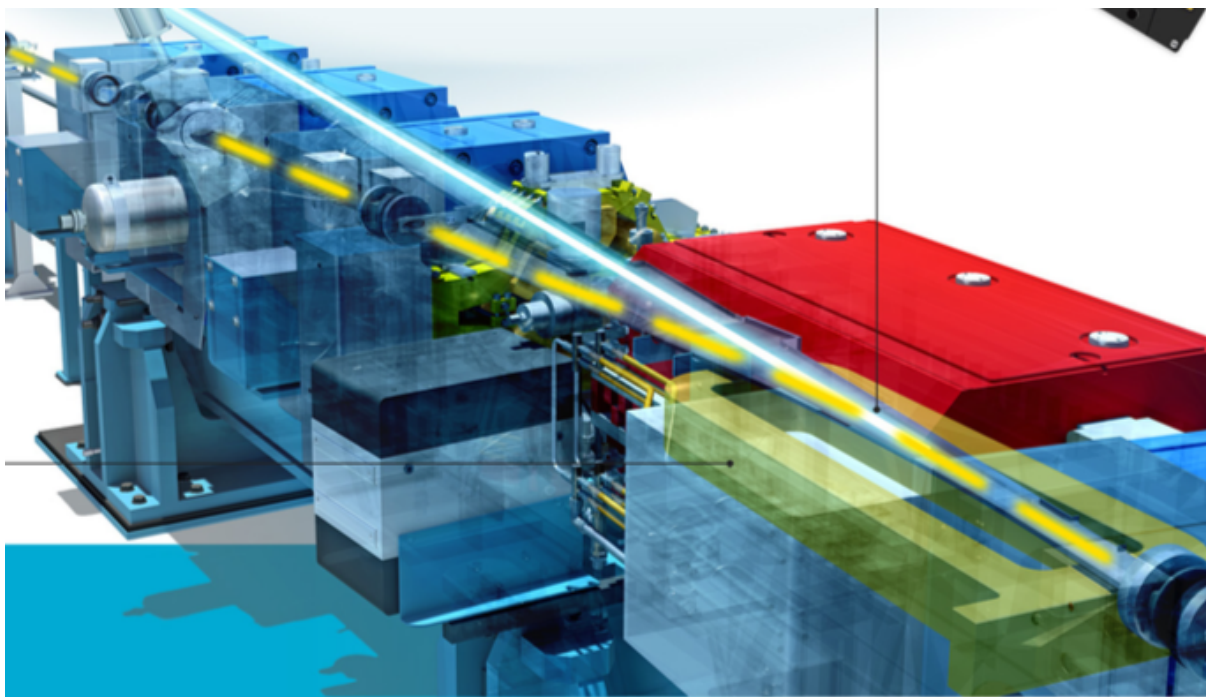


FIGURE 1.1 – Les aimants de l’anneau de stockage

25% , donc 80 des personnes embauchées à SOLEIL sont des femmes 42 sont cadres et 38 sont non cadres.

### 1.1.2.2 Équipements

#### 1.1.2.2.1 L'accélérateur d'électrons

La plus grande machine du synchrotron SOLEIL est l'accélérateur d'électrons.

La lumière émise par les électrons tournant dans l'accélérateur permet d'observer la matière à petite échelle.

Les électrons sont produits puis accélérés de la façon suivante.

Un canon, nommé le LINAC, envoie une grande énergie électrique qui va séparer les électrons des atomes. Les électrons sortent du canon à une vitesse de 100 Méga-électrons-Volt. Dans le booster, ils atteignent une énergie de 2750 Méga-électrons-Volt. Quand les électrons ont atteint cette vitesse, ils sont envoyés dans l'anneau de stockage qui est un tube fermé de cinq centimètres de diamètre où ils tournent pendant plusieurs heures à une vitesse très proche de celle de la lumière.

L'anneau de stockage est constitué d'une succession de parties droites et de virages où les électrons tournent et subissent des accélérations. Quand les électrons tournent ils libèrent des photons, c'est à dire de la lumière. Ce processus est utilisé par 7 lignes de lumières. Pour les autres lignes de lumières, ce sont des onduleurs qui accélèrent les électrons qui par la suite libèrent des photons. Ces photons vont être utilisés dans les lignes de lumières, où les scientifiques vont expérimenter la réaction de la lumière sur des objets ou inversement. Elles sont composées de trois cabanes la cabane optique, la cabane d'expériences et la cabane de vie. Dans la cabane optique on trouve des miroirs déviant la lumière.

La cabane d'expériences est l'endroit où on pose l'échantillon à observer et la cabane de vie est l'endroit où on observe l'échantillon et où les scientifiques règlent la caméra.



#### **1.1.2.2.2 Les Aimants**

Pour guider les électrons sur une trajectoire circulaire, des aimants sont utilisés. Plusieurs sortes d'aimants sont utilisés à SOLEIL. Il y a le dipôle; qui comporte deux aimants et qui fait dévier les électrons du côté choisi. Les quadripôles servent à resserrer les électrons entre eux parce que dans les virages, ils ont plus de places et ont tendance à s'éloigner car deux charges négatives se rejettent. Les aimants nommés sextupôles font la même chose que les quadripôles mais plus précisément. Pour alimenter les aimants en électricité, on utilise des alimentations qui sont contenus dans de très grande armoires. Il existe 32 dipôles, 160 quadripôles et 120 sextupôles au synchrotron SOLEIL. Dans le booster, on utilise des dipôles et des quadripôles. Dans l'anneau de stockage, on utilise des sextupôles des dipôles et des quadripôles plus puissant.

#### **1.1.2.2.3 Autres équipements**

Le synchrotron SOLEIL possède trois imprimante 3D avec lesquelles sont fabriqués de petites pièces. Dans chaque salle on voit un ou plusieurs ordinateurs. Dans la salle de commande, les salles de vie dans les lignes de lumière, les bureaux d'ingénieurs, de dessinateur projecteur, des mécaniciens, des scientifiques...

Les aligneurs disposent d'appareils spécifiques pour positionner précisément tous les équipements des lignes de lumières :

- des niveaux (comme ceux utilisés en travaux publics) pour prendre des mesures.
- des théodolites qui servent à mesurer des angles.

Des pompes sont utilisées par les videurs pour faire le vide dans les tubes de l'accélérateur d'électrons.



# Chapitre 2

## La formation

### Sommaire

<b>2.1 Qualifications</b> . . . . .	<b>5</b>
2.1.1 Chercheurs . . . . .	5
2.1.2 Ingénieurs . . . . .	5
<b>2.2 Évolution de carrière</b> . . . . .	<b>5</b>

### 2.1 Qualifications

Pendant mon stage à SOLEIL, j’ai observé les différents métiers qui permettent au synchrotron de fonctionner et aux chercheurs de faire leurs expériences.

#### 2.1.1 Ingénieur calcul

L’ingénieur calcul vérifie la rigidité des pièces car sous l’effet de variations de la température les métaux se dilatent ou se contractent. Il doit concevoir des pièces pouvant fonctionner dans différentes conditions. Il doit pouvoir estimer les températures pour savoir comment construire les éléments. Pour pouvoir estimer la rigidité des objets, il utilise des méthodes de calcul numériques.

L’ingénieur est spécialiste en calculs scientifiques. Il a fait Bac+5 en école d’ingénieur. Son salaire est de 2250 euros par mois en tant que débutant et aujourd’hui il gagne 4000 euros par mois. Si il veut évoluer dans son métier il peut se spécialiser dans certains domaines.

L’avantage de ce métier est qu’il n’y a pas d’horaires décalés car pas de contraintes d’exploitation.

#### 2.1.2 Coordinateurs expérience

Le coordinateur expérience est responsable du bon fonctionnement de chaque ligne de lumière. Il doit pouvoir intervenir dans tous les domaines de la physique. Il doit aussi connaître les gestes de premier secours et savoir utiliser les machines.

Le coordinateur expérience est aussi là pour surveiller la machine très coûteuse pendant les week-end et la nuit quand les autres personnes ne travaillent pas.

Au synchrotron SOLEIL il y a six coordinateurs expériences. Ils se partagent le travail en trois fois huit heures par journée. Cela veut dire que chaque jour, il y a trois coordinateurs expérience qui travaillent; un travaille le matin, le deuxième travaille l’après-midi et

en fin de soirée et le troisième travaille pendant la nuit. Ils échangent les postes tous les jours (week-end et jours fériés compris). Pour que chacun puisse avoir des vacances, ils sont six.

Les formations compris pour ce poste sont scientifiques : il faut un bac scientifique et avoir fait des études supplémentaires en physiques. Il faut parler anglais et connaître les termes spécifiques en anglais parce qu'au synchrotron SOLEIL, des chercheurs et scientifiques de tous les pays viennent travailler.

Le salaire est d'environ 3500 euros net par mois.

### **2.1.3 Mécaniciens**

Lors de la construction de l'accélérateur d'électrons, les mécaniciens ont installé les pièces et construit la machine.

Maintenant, ils s'occupent de la maintenance de la machine et construisent des pièces avec différentes outils. Ils utilisent la fraiseuse et la tourneuse pour travailler des métaux et créer différentes pièces. Ils utilisent aussi une rectifieuse pour lisser les faces, une plieuse pour plier les différents métaux.

Les mécaniciens soudent aussi.

Le revenu est entre 1600 et 2000 euros net mensuels. La formation est un apprentissage en école spécialisée, un CAP, un BEP ou un Bac Pro.

### **2.1.4 Services achats**

Au seins du service administratif, certaines personnes s'occupent des achats. Pour cela il y a une assistante, trois acheteurs et deux personnes qui passent les commandes. Les catégories d'achats sont les fournitures, les services, et les travaux.

### **2.1.5 Videurs**

Certaines personnes s'occupent de vérifier si les tubes sont bien sous vide. en effet les tubes ne doivent pas contenir de molécules d'air autrement les électrons s'entrechoquerait avec ces molécules ou seraient détournés puis s'écraseraient sur la paroi des tubes et ne pourraient plus servir aux expériences.

Pour mettre sous vide, on utilise des pompes à spirales qui aspirent l'air puis l'évacuent vers l'extérieur. On passe de dix puissance vingt-quatre molécules par mètre cube à dix puissance dix-neuf molécules par mètre cube. On trouve des molécules également sur les parois. Elles peuvent se décoller et dégrader le vide rendant le tube inutilisable pour les expériences. Pour éviter cela, ils chauffent les parois de cent degrés celsius à deux-cent degrés celsius pendant environ vingt-quatre heure. Après tout ces processus, il reste dix puissance onze molécules par mètres cubes. On utilise également des pompes ioniques ou statiques qui elles piègent les molécules. Même si le vide n'est pas encore parfait, il est suffisant pour mener à bien les expériences car la probabilité d'interaction d'un électron avec une moléculerésiduelle est suffisamment petite.

Si on pense qu'il y a une fuite quelque part dans un tube ou une pièce, on utilise un détecteur. On vaporise de l'hélium autour de la pièce et un détecteur nous informe par un graphique si l'hélium a pu entrer dans le tube. Si l'hélium est entré dans le tube il faut réparer la pièce abimée.

### **2.1.6 Électronicien et Électrotechnicien**

Les électroniciens et les électrotechniciens développent, mettent au point et maintiennent les aimants. Parfois ils travaillent pour d'autres pays.

### **2.1.7 Ressources humaines**

Les personnes travaillant dans le groupe ressources humaines s'occupent des salaires, aident les salariés si ils ont des problèmes, s'occupent de l'embauchement des personnels et des stagiaires. Lorsqu'une personne est embauchée, les personnes du groupe ressources humaines constituent un dossier électronique.

### **2.1.8 Scientifiques**

Les scientifiques travaillent dans les lignes de lumière pour faire des expériences. Les scientifiques utilisent la lumière émise par les électrons pour observer des échantillons qu'ils déposent dans la cabane d'expériences. Dans chaque ligne de lumière les scientifiques font des expériences différentes. J'ai visité plusieurs lignes de lumières comme MARS, LUCIA, DIFFABS et METROLOGIE.

La ligne de lumière MARS a pour but d'étudier des échantillons de matière radioactives. Ils doivent se protéger pour ne pas être irradiés et tomber malades. Si un sachet transportant un élément radioactif se perce, un instrument bippe pour prévenir les personnes du danger. Sur MARS, les scientifiques utilisent des rayons X. Ils vérifient que les échantillons ne sont pas trop dangereux pour l'homme pour savoir si les bâtiments contaminés par la radioactivité sont encore utilisables ou non (par exemple des anciennes centrales nucléaires).

Sur LUCIA, les scientifiques travaillent la météorologie donc il travaille des minéraux.

Les scientifiques de la ligne de lumière DIFFABS travaillent sur la cristallographie donc les cristaux.

Sur la ligne de lumière METROLOGIE, les scientifiques font de la lithographie. Ils font des gravures avec de la lumière.

Pour devenir chercheur dans le domaine de la physique, il faut un Bac S, continuer des études universitaires jusqu'au niveau Master (BAC+5), puis passer un doctorat dans un laboratoire de recherche (BAC+8).

Lignes de lumière du Synchrotron SOLEIL

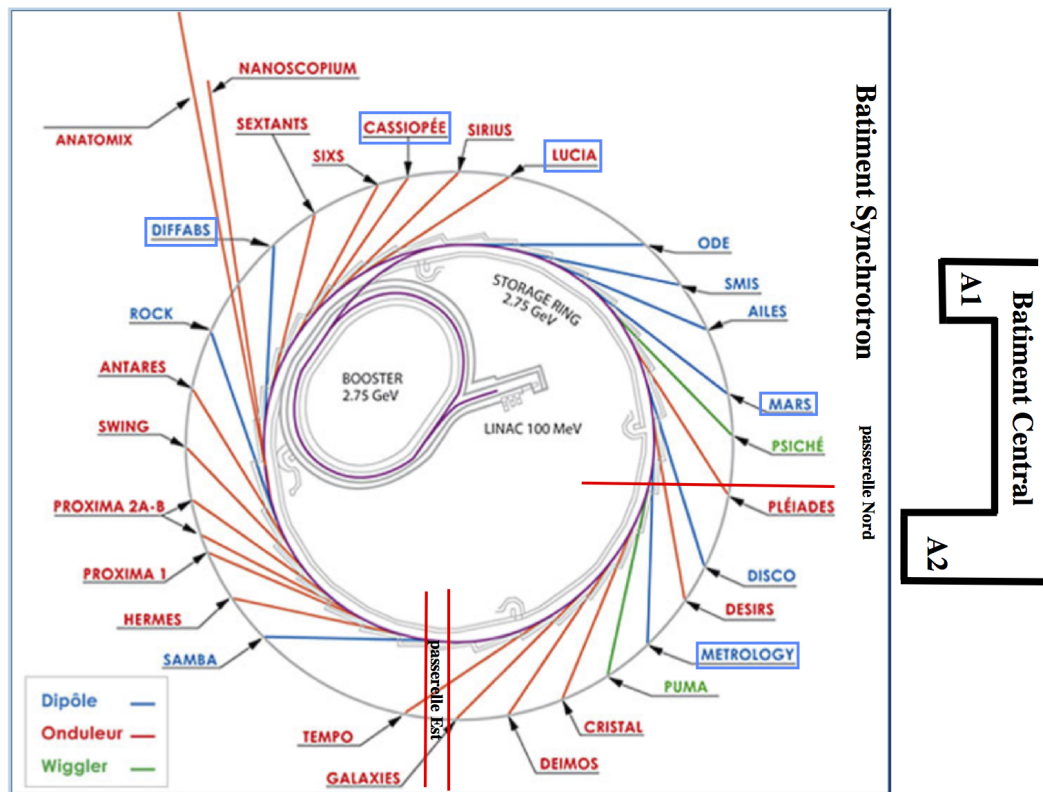


FIGURE 2.1 – Lignes de lumière

# Chapitre 3

## L'intérêt du stage

### Sommaire

<b>3.1 Les raisons de mon choix</b>	<b>7</b>
3.1.1 Glossaire et citations	7
<b>3.2 Le synchrotron Soleil</b>	<b>7</b>
<b>3.3 Les difficultés que j'ai rencontrées</b>	<b>7</b>
<b>3.4</b>	<b>8</b>
<b>3.5 Références</b>	<b>8</b>

### 3.1 Les raisons de mon choix

Au synchrotron SOLEIL il y a plusieurs corps de métier différents dont la plupart sont liés à la physique qui m'intéresse. Cela m'a permis de découvrir différents métiers dans un domaine que j'apprécie.

### 3.2 Le synchrotron Soleil

Au laboratoire SOLEIL j'ai appris beaucoup de choses sur les atomes et la physique mais j'ai aussi pu découvrir d'autres métiers essentiels pour les scientifiques comme le métier de mécaniciens. Si il n'y avait pas de mécaniciens à SOLEIL, les scientifiques ne pourraient pas faire d'expériences et il n'y aurait eu aucun intérêt de construire le synchrotron SOLEIL.

### 3.3 Les difficultés que j'ai rencontrées

Comme le laboratoire SOLEIL est un laboratoire de physique les mots employés ne sont pas toujours compréhensibles et les scientifiques les utilisant n'arrivent pas à nous les expliquer car pour eux ces termes sont simples et ils n'arrivent donc pas à les définir.

Quand on est dans le bâtiment du synchrotron, il faut faire très attention que personne ne reste dans les cabanes d'expériences car les scientifiques utilisent dans certaines lignes de lumière comme MARS des rayonnements dangereux pour l'homme. Ils doivent donc vérifier que personne ne reste dans la cabane d'expériences.

### Conclusion

Ce stage d'observation m'a beaucoup plu car j'ai pu découvrir beaucoup de métier différent dans un lieu de travail n'existant pas partout donc j'ai eu de la chance d'être accepté à SOLEIL. Ce stage m'a éclairer sur beaucoup de choses mais je ne sais toujours pas dans quel domaine précis j'aimerais travailler plus tard. Ce que j'ai apprécié à ce stage c'est d'avoir appris beaucoup de choses dans une durée de seulement cinq jours. Tout le monde était très sympathique avec moi et ce serait un plaisir pour moi d'y retourner.