



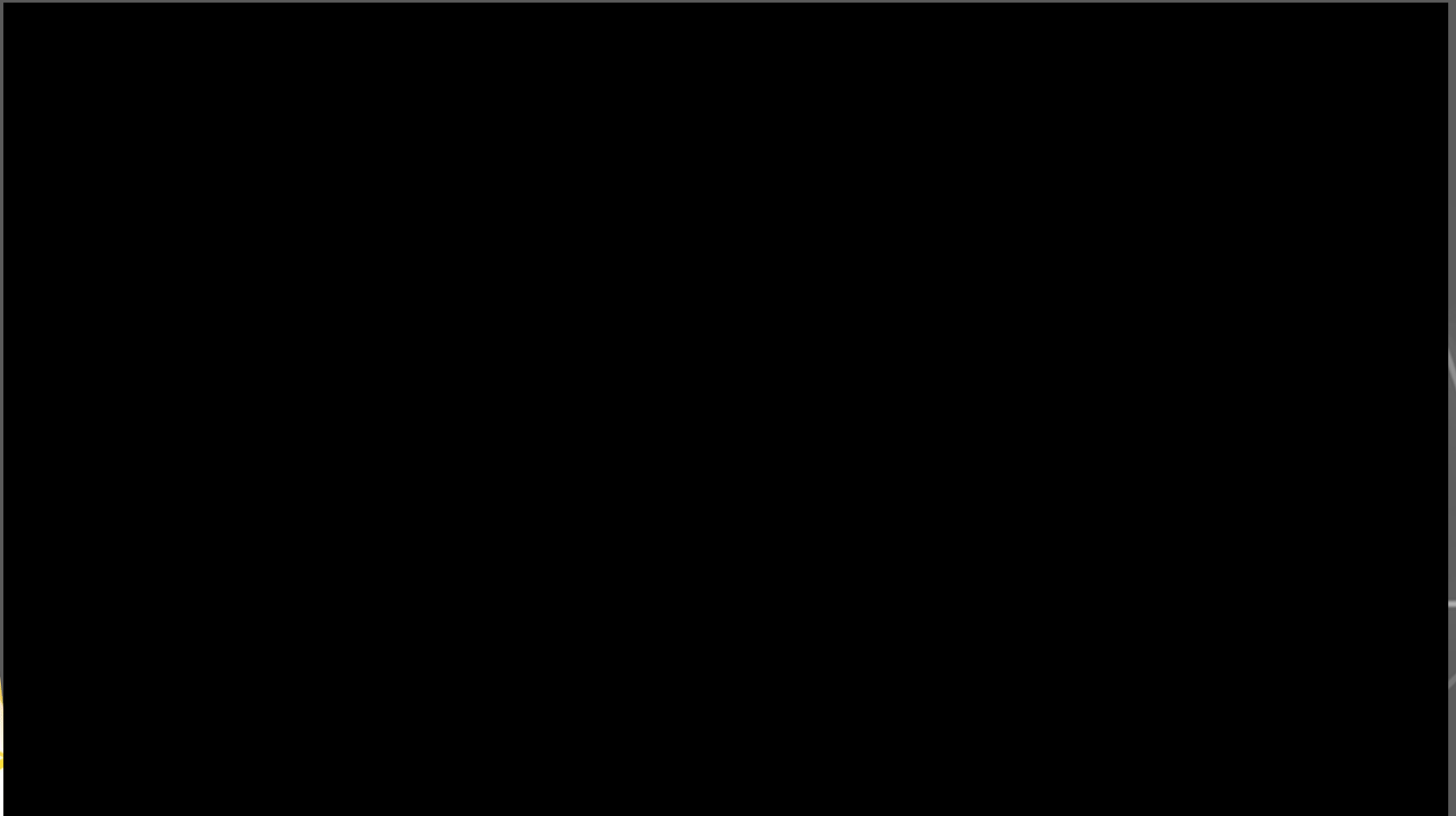
Le synchrotron SOLEIL



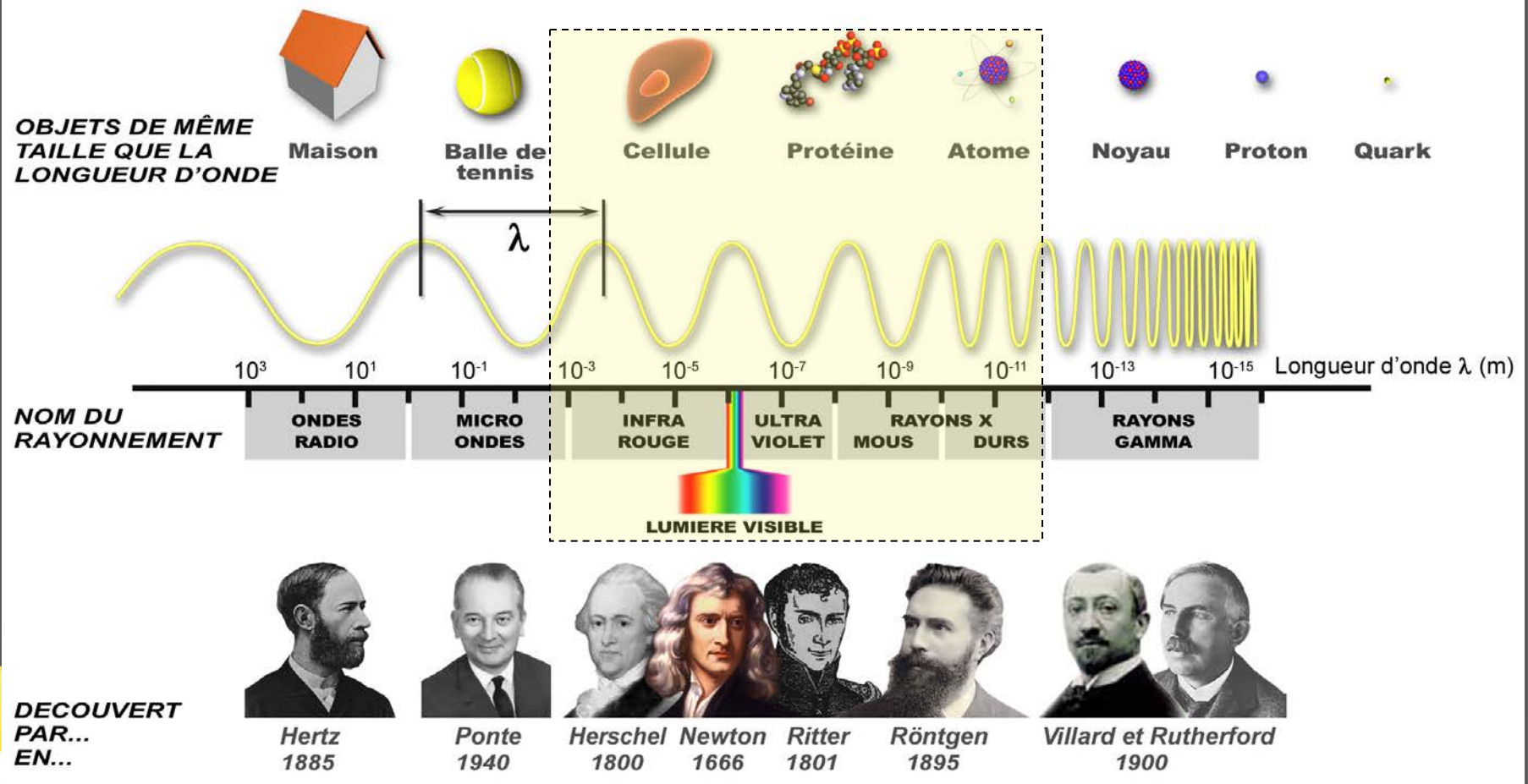


360 personnes en permanence,
80 % des salariés exercent un métier scientifique ou
technique

Que fait-on à SOLEIL ?



Des IR lointains aux RX durs





Biologie



Médecine



Pharmacie



Cosmétique



Chimie



Archéologie,
Patrimoine Culturel



Energie,
Environnement



Matériaux,
Nanotechnologies



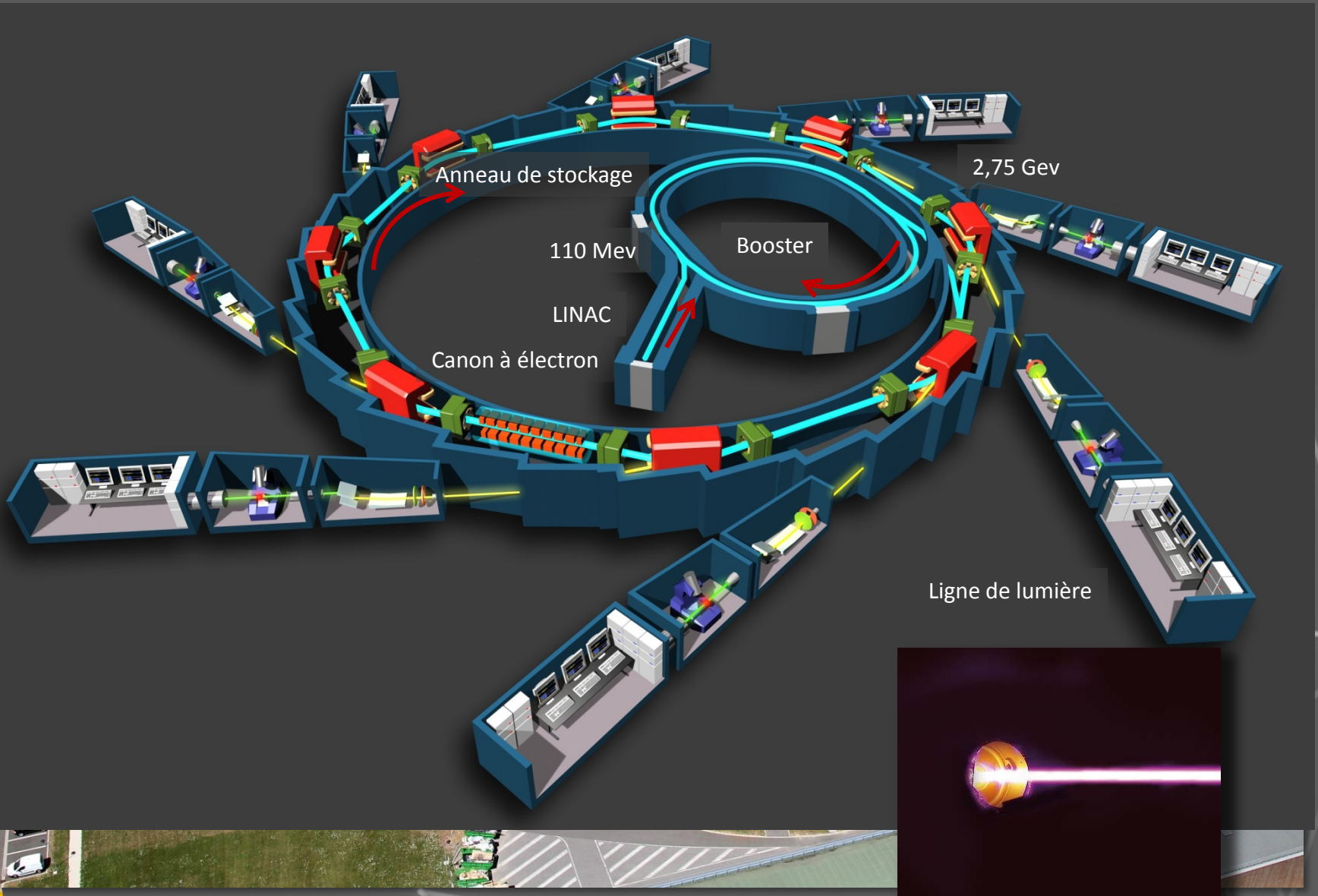
Agroalimentaire



Astrophysique



Géophysique

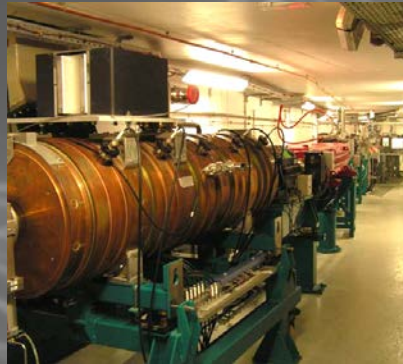


Le fonctionnement de la machine





Linac



Booster
Cavité accélératrice
(352 MHz)



Anneau de stockage
Cavité accélératrice
(352 MHz)

Anneau de stockage



Focalisation
du faisceau
d'électrons
quadrupôle
sextupôle



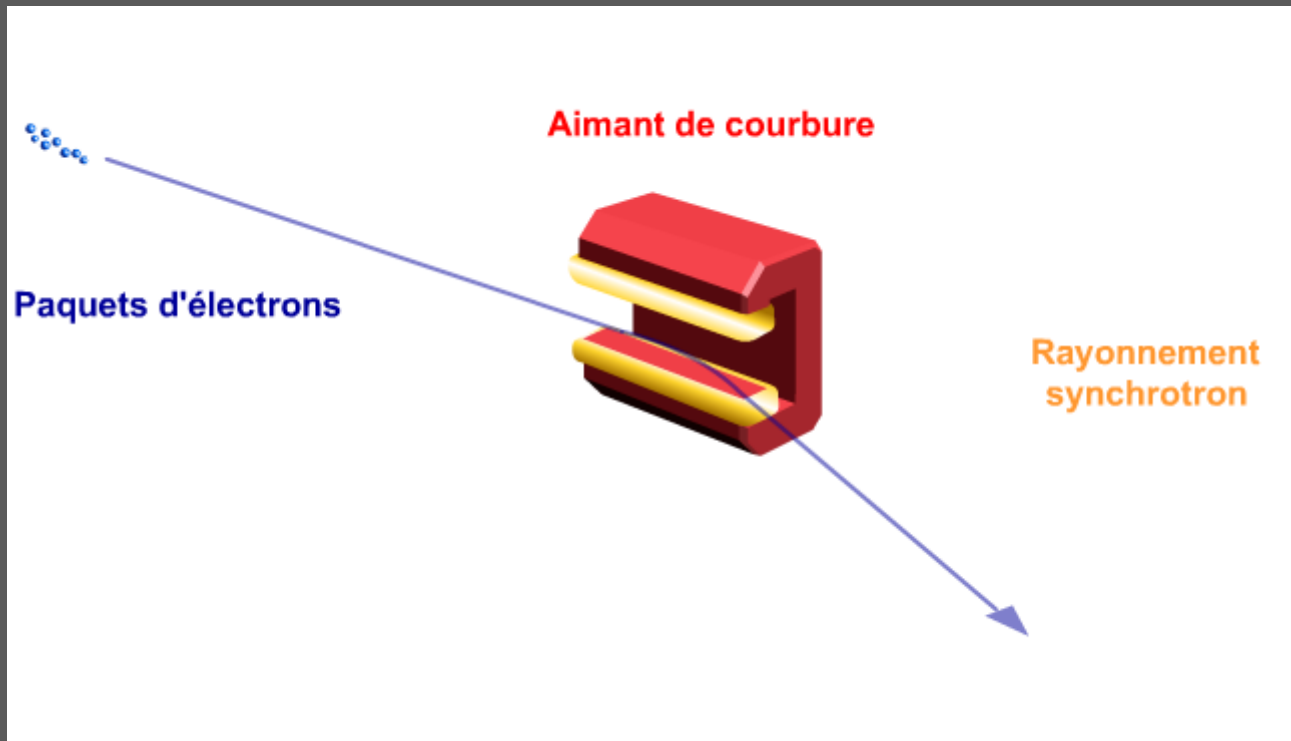
Production de
lumière
dipôle
onduleur



Production du rayonnement sur dipôle

Le rayonnement synchrotron est produit lorsque des particules chargées (**électrons**) et très **rapides** sont déviées par un **champ magnétique**

Les longueurs d'onde de ce rayonnement vont de **l'infrarouge aux rayons X**.



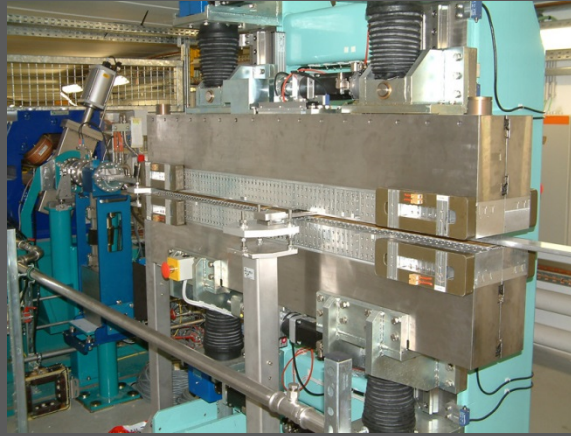
Continu et accordable
Brillant

Pulsé (50 ps toutes les 3 ns)
Stable en position et en intensité
Polarisé

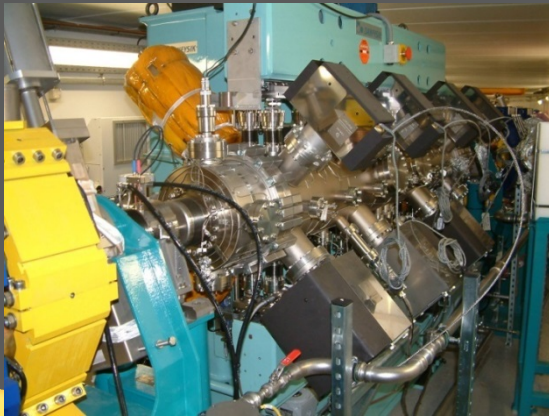
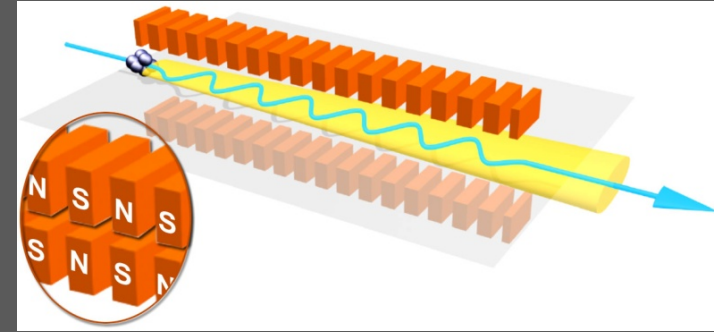
Production du rayonnement sur onduleur



HU 640 : ligne DESIRS
(5 eV – 50 eV : Ultra Violet)

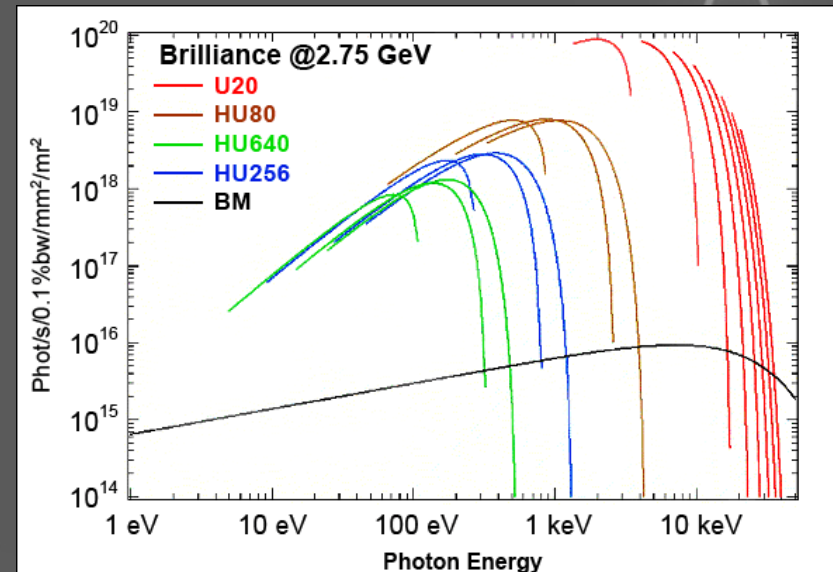


HU 80 : ligne TEMPO
(100 eV - 3 keV : Rayons X mous)



U 20 : ligne PROXIMA
(4 keV - 30 keV : Rayons X durs)

*Brillance,
Polarisation,
Gamme spectrale*



Interférences le long des N périodes:
raies discrètes de largeur spectrale
en $1/N$ et d'intensité pic en N^2

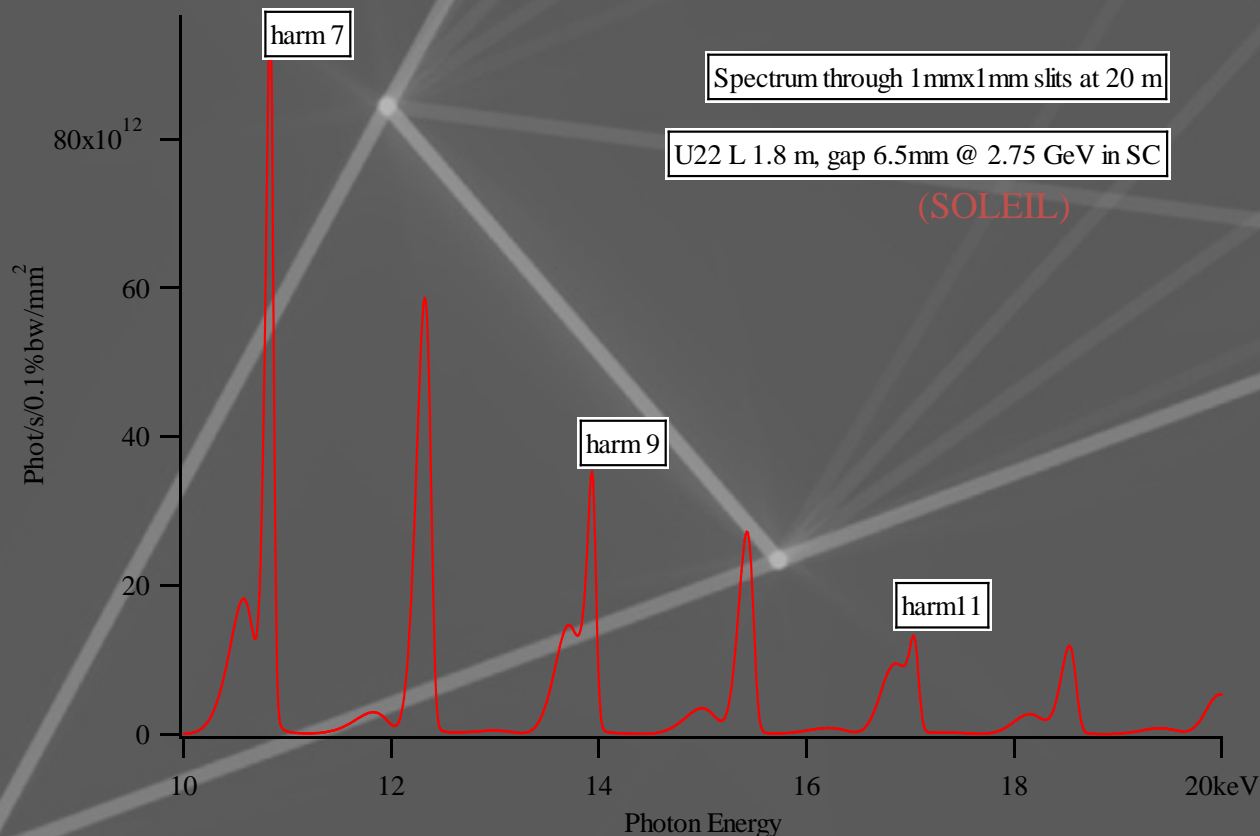
longueur d'onde émise à l'harmonique n

$$\lambda_n = \lambda_u (1 + \gamma^2 \theta^2 + K^2/2) / (2n \gamma^2)$$

λ_u est la période de l'onduleur 1

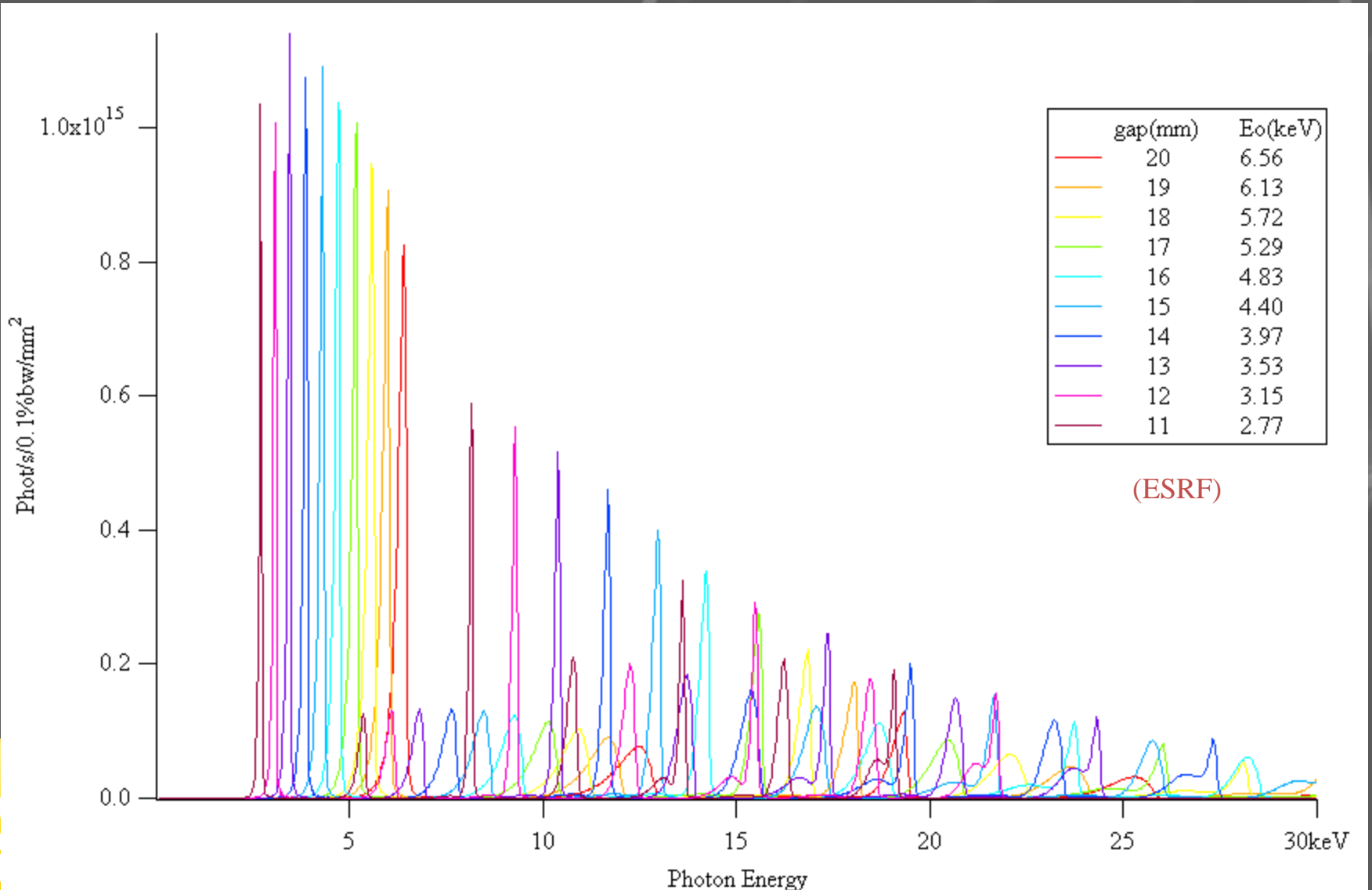
$$K = B \lambda_u$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

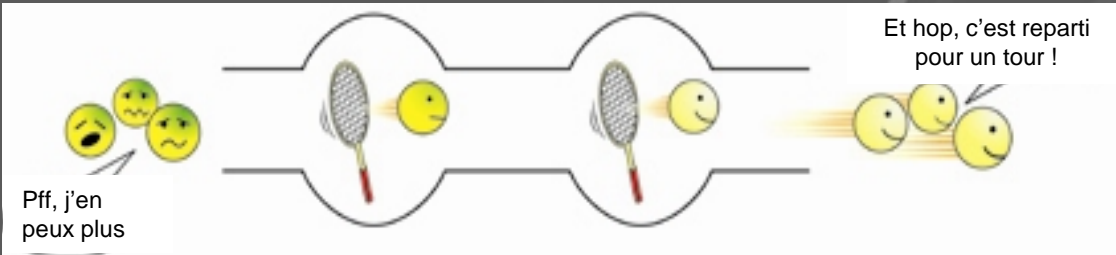


L'énergie des photons émis est choisie en ajustant l'entrefer de l'onduleur

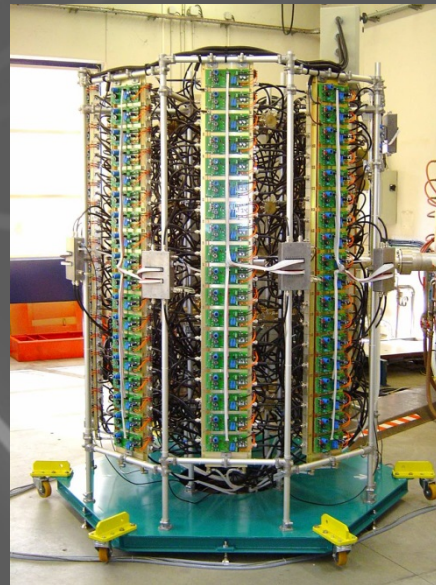
Les onduleurs



Les cavités accélératrices



Cavité radio fréquence supra en cuivre avec dépôt de Niobium (352 MHz)

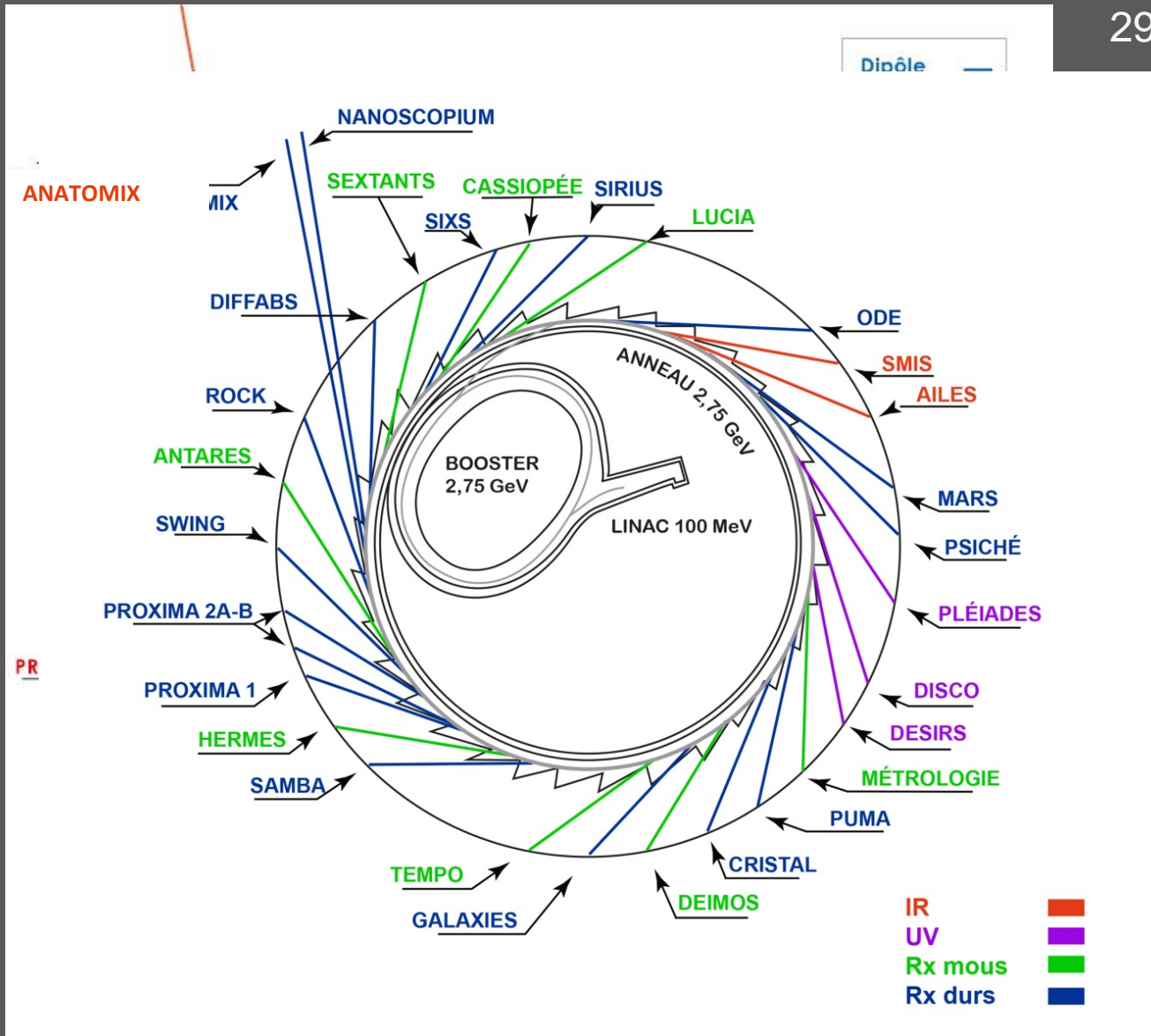


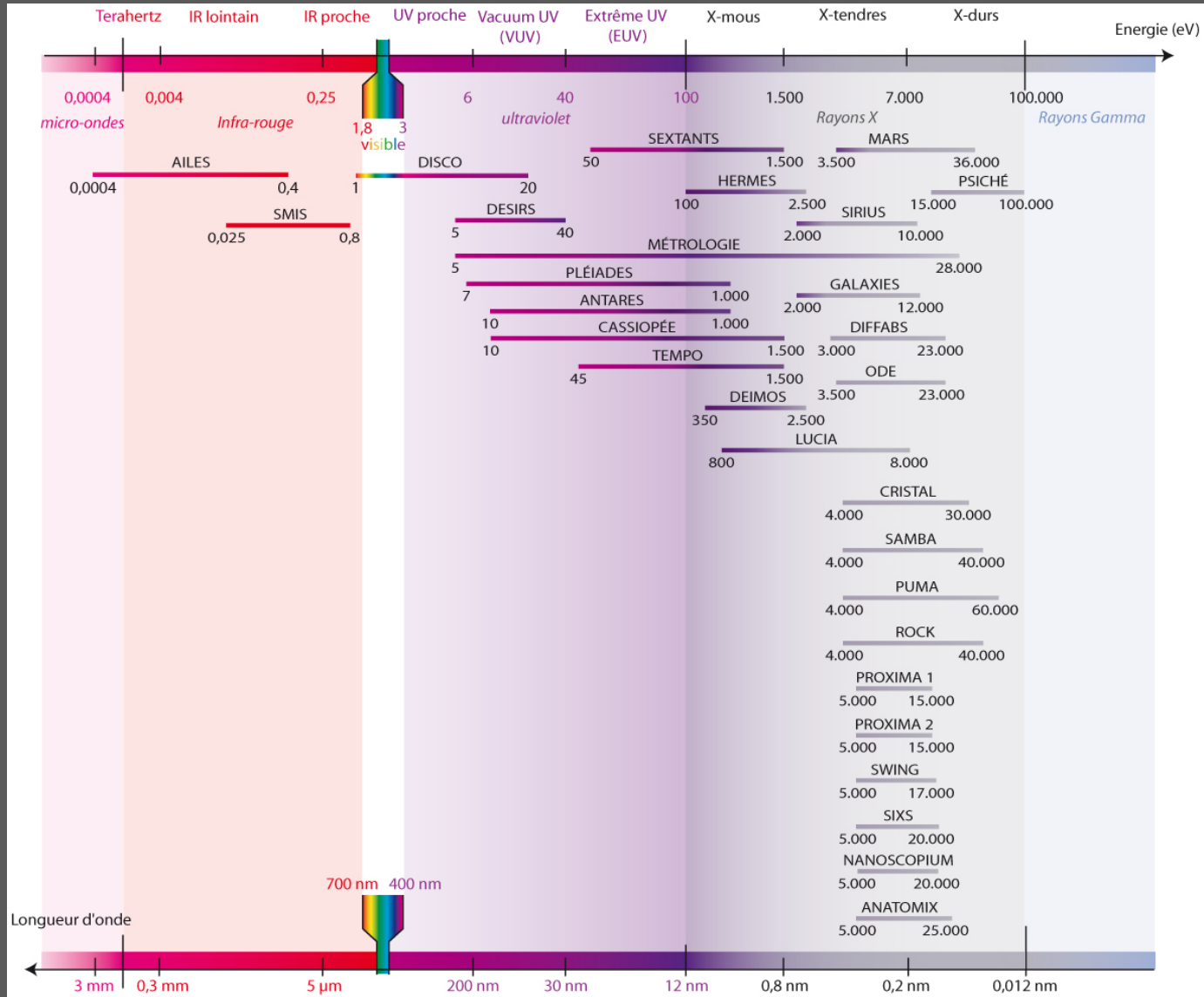
4 tours d'ampli par cavité
50 kW de puissance chacune
2 Cavités par cryomodule



Cryomodule
Cuve à hélium liquide (-269°C)

Elles restituent l'énergie perdue par les électrons





500 mA dans l'anneau de stockage

16/12/2015
17:43:30

500.70 mA

Function Mode

TOP-UP

Filling Mode

4/4

Lifetime

14.23 h

Integrated Current

14622.5 A.h

Average Pressure

5.0e-10 mbar

Bending Magnet

| |
|---------|
| ODE |
| MARS |
| DISCO |
| METRO |
| SAMBA |
| ROCK |
| DIFFABS |

Insertion Devices

| | | |
|----------|-------------|----------|
| I02_C | PSICHE | PLEIADES |
| DESIRS | PUMA | CRISTAL |
| DEIMOS | GALAXIES | TEMPO |
| I09_L | HERMES | PX1 |
| PX2 | SWING | ANTARES |
| ANATOMIX | NANOSCOPIUM | SEXTANTS |
| SIXS | CASSIOPEE | SIRIUS |
| LUCIA | | |

Infrared

| | |
|------|-------|
| SMIS | AILES |
|------|-------|



Delivery Since

Tue Dec 15 07:00

End Of Beam

Dec-21 07:00

Remaining Time

109:16:31

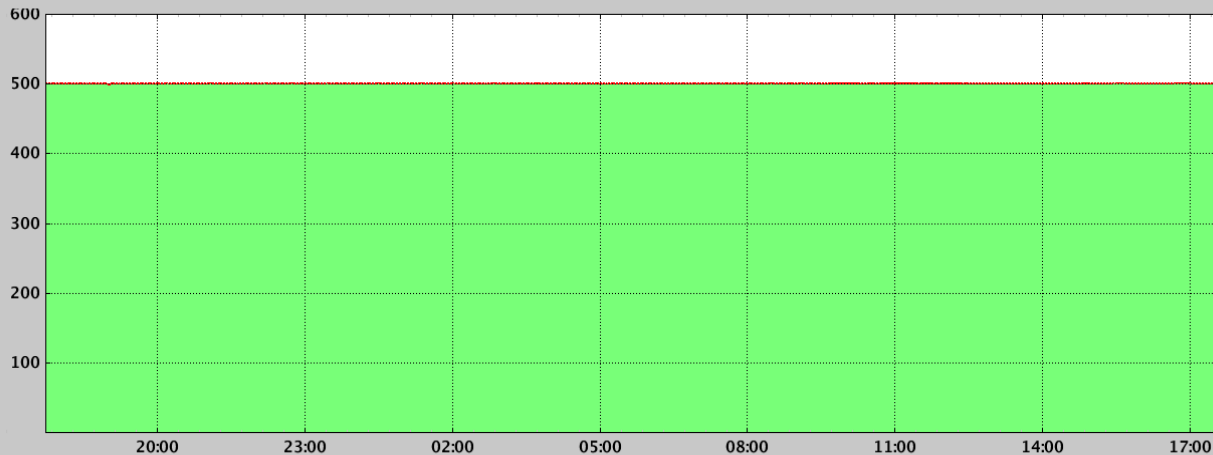
Orbit(RMS)

Emittance

Tune

| | | | |
|---|--------------------|-------------|--------|
| H | 46.7 μm | 4.45 nm.rad | 0.1579 |
| V | 69.8 μm | 46.4 pm.rad | 0.2281 |

Shift Lignes



Tue Dec 15 07:00

| | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------|------------------------|
| TDL* ouverte (normal) | TDL* ouverte (mode automatique) | TDL* semi-ouverte (mode Automatique) | TDL* semi-ouverte | TDL* fermée, prête à ouvrir | Fermée et Défaut Tête de ligne | TDL* fermée et verrouillée | TDL* état inconnu | Fermée et Défaut ligne |
|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------|------------------------|

Atome

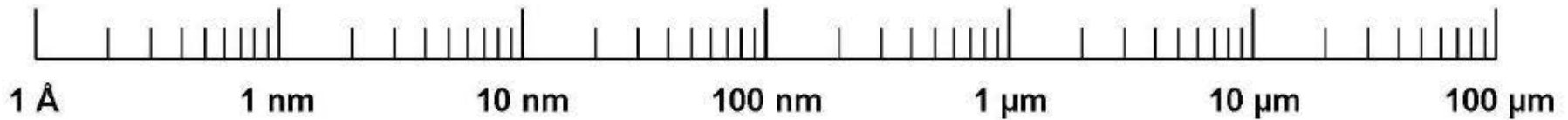
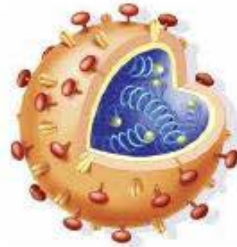
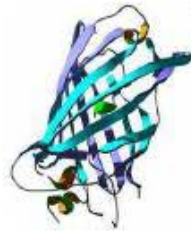
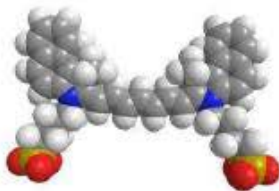
Molécules

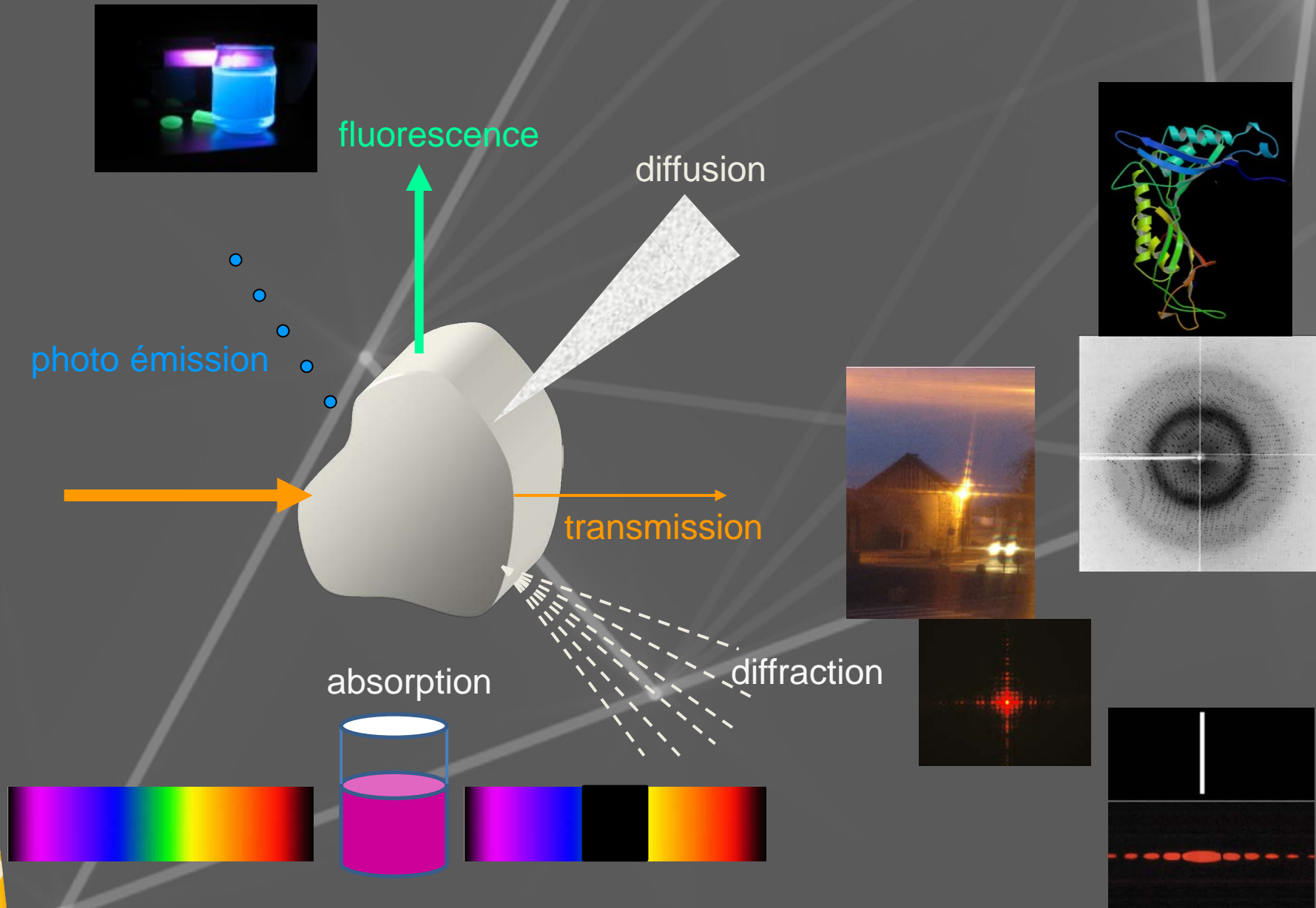
Macromolécules
Protéines

Bactérie

Virus

Cellule







Biologie



Médecine



Pharmacie



Cosmétique



Chimie



Archéologie,
Patrimoine Culturel



Energie,
Environnement



Matériaux,
Nanotechnologies



Agroalimentaire



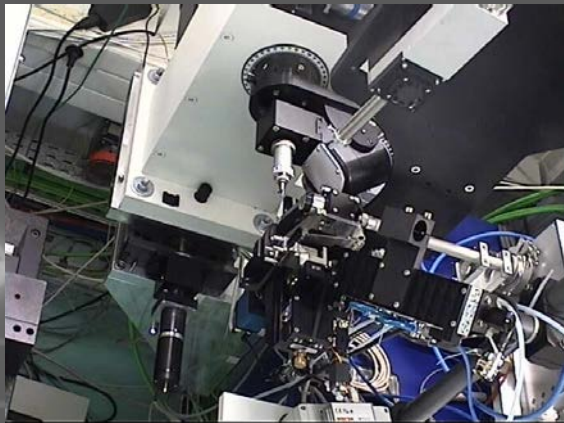
Astrophysique



Géophysique

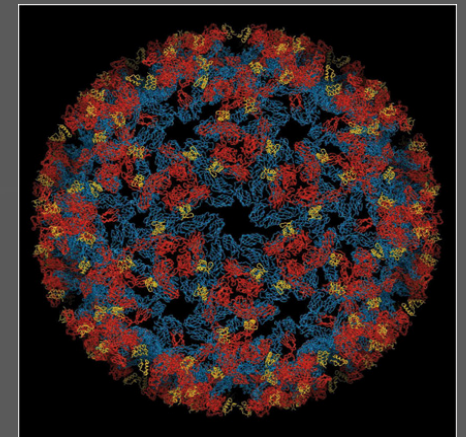
Structure 3D des protéines de surface du virus du chikungunya

« la maladie de l'homme courbé ».



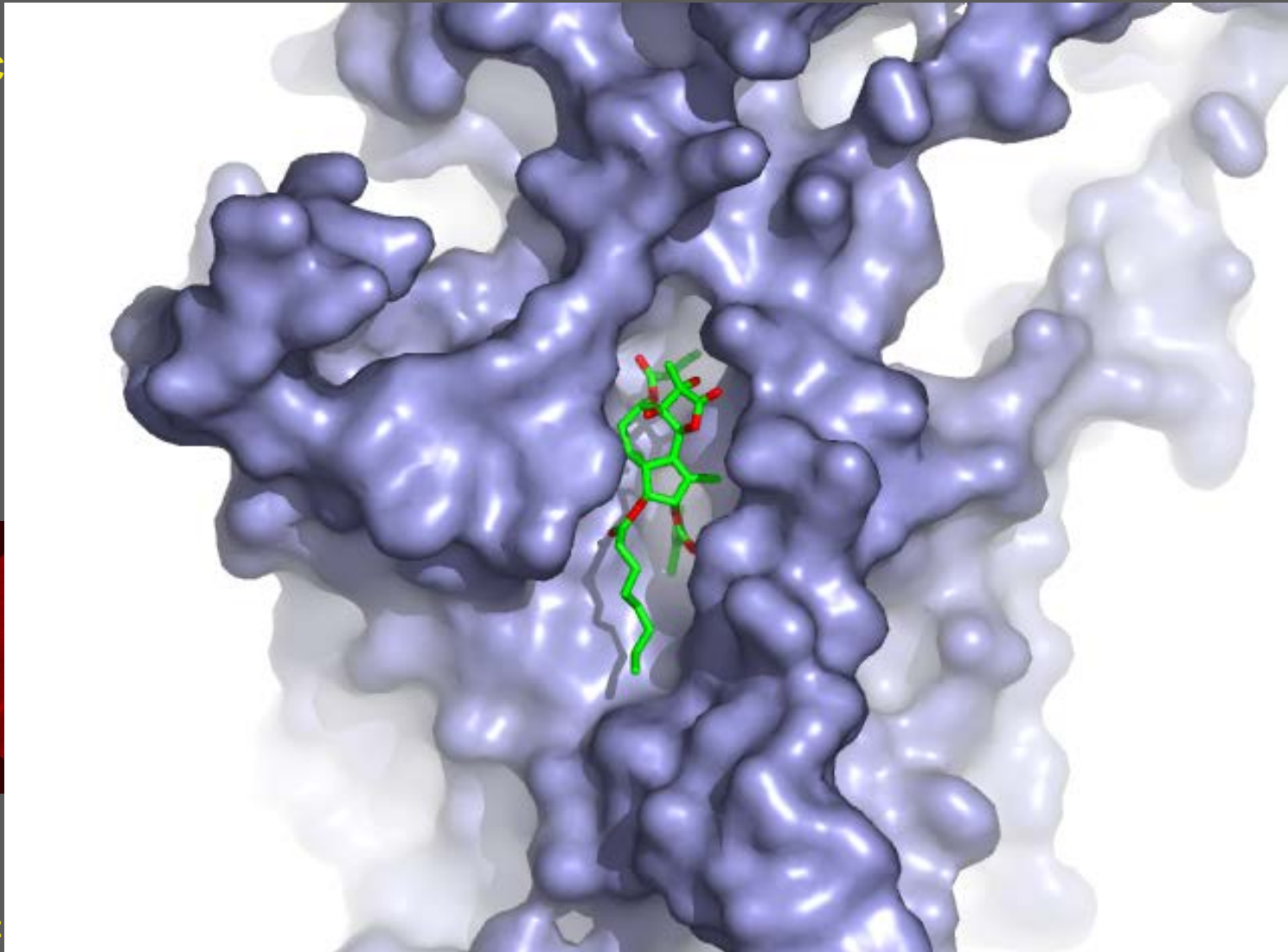
*Ligne PROXIMA 1
Diffraction X
Rayons X durs*

Comprendre comment ce complexe de protéines est activé pour envahir ses cellules-cibles. Développer des stratégies antivirales préventives et le thérapeutiques



Institut Pasteur, CNRS, Global Phasing

1. C



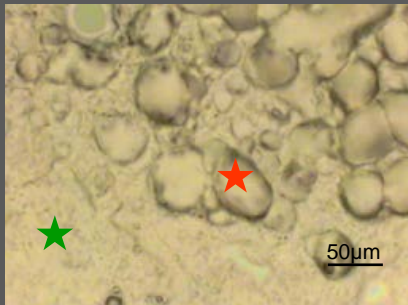
3.
et
clichés

Structure secondaire

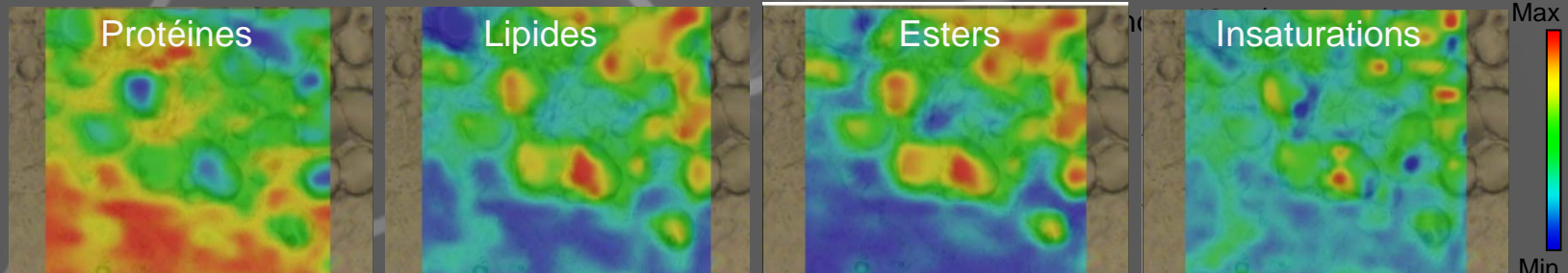
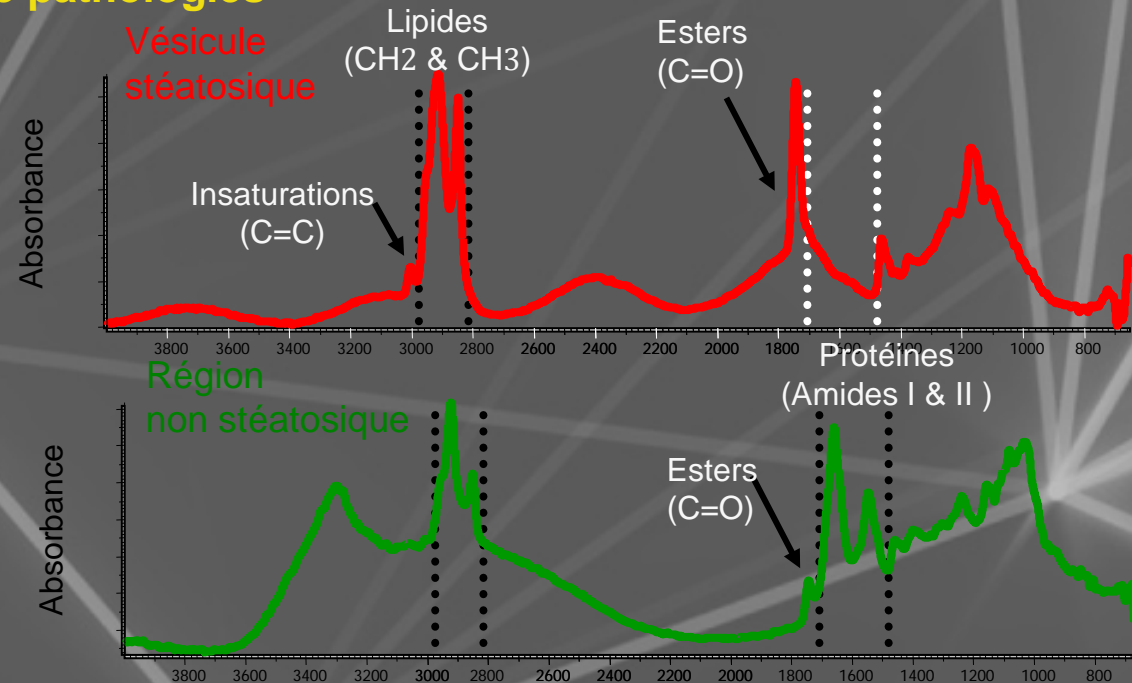
on de la



Étude d'un foie pour
diagnostique pré implantation
diagnostique précoce de pathologies



Accumulation sélective de
lipides insaturés dans les
vésicules stéatosiques



L'âge des arbres exotiques

Étude de l'ébène verte : plantations de Guyane française et du Congo datant de 56 ans.

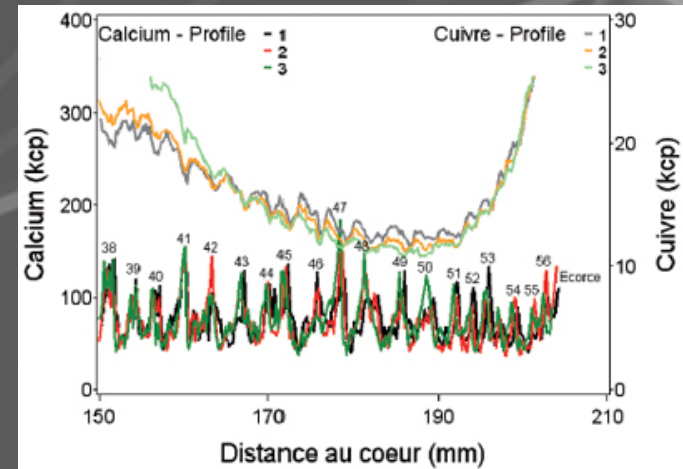
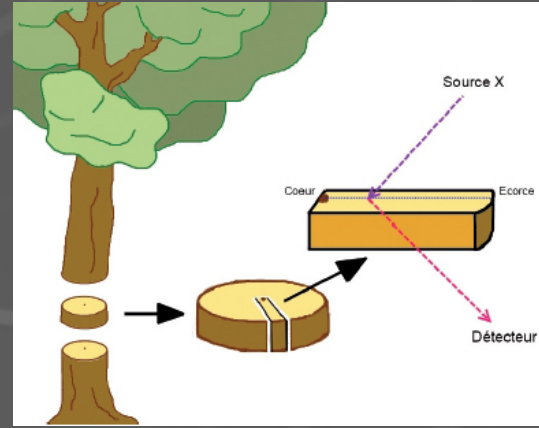


Dendrochronologie

Cette étude permet de :

- Connaître le rythme de croissance et l'âge des arbres
- Mieux gérer les forêts tropicales
- Surveiller les niveaux de polluants

On observe une périodicité des éléments calcium et cuivre



Pourquoi les ciels des toiles de Murillo ont-ils viré au gris ?



Comprendre l'origine de la détérioration du smalt, pigment bleu, très utilisé entre le XVIe et le XVIIIe siècle par de grands peintres tels que Véronèse ou Murillo.

Complexe cobalt / potassium :

- Smalt : tétraédrique
- Smalt altéré : octaédrique, migration des ions potassium hors des grains de pigments.

Ce **changement d'environnement de l'ion cobalt** implique la perte de la couleur bleue.

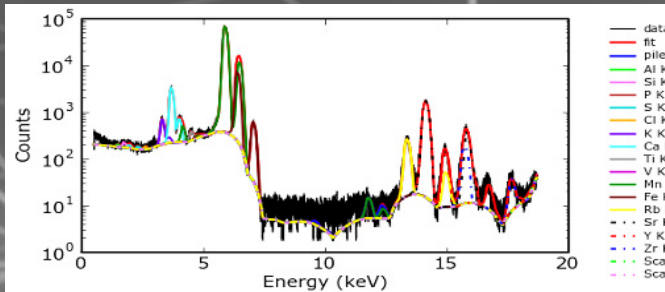
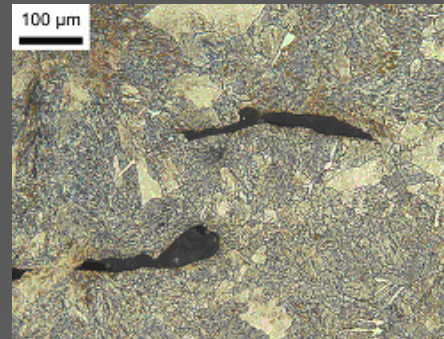
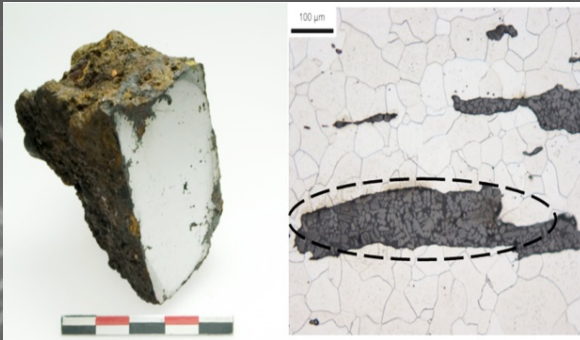


Objets ferreux médiévaux

La *microfluorescence X* sur de très petites inclusions, couplée à d'autres méthodes, permet, à travers la comparaison des signatures en éléments traces, d'établir la provenance de matériaux archéologiques ferreux.

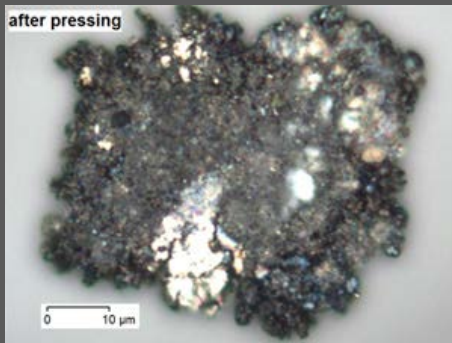


Ligne DIFFABS
Microfluorescence X



Ligne DIFFABS Microfluorescence X
Faisceau de 50 µm Energie 20 keV

Une comète en miniature



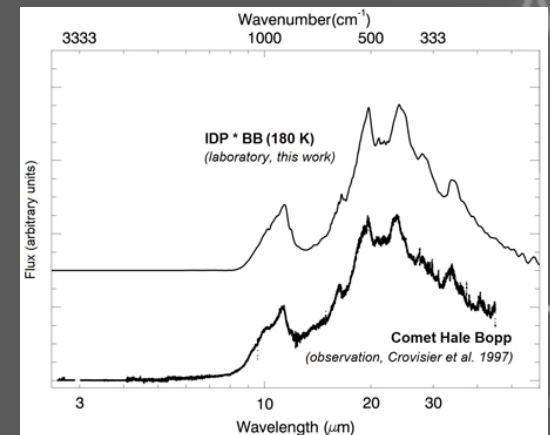
Particules de poussières interplanétaires récoltées à 22 km d'altitude, fournie par la NASA

Cette IDP (agrégat poreux chondritique*), a été pressée pour augmenter la qualité des données spectroscopiques en minimisant les effets de diffusion de la lumière dus à la taille de la particule, comparable à la longueur d'onde de l'observation.

En plus de la description élémentaire, minéralogique, et organique, obtenue par différentes techniques de laboratoires, les spectres infrarouge montrent une **similitude** avec ceux observés, en émission, des **petits grains de silicates de la comète Hale-Bopp**.



Ligne SMIS Microscopie d'absorption Infrarouge

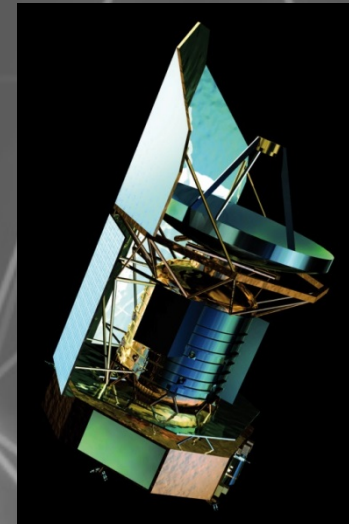
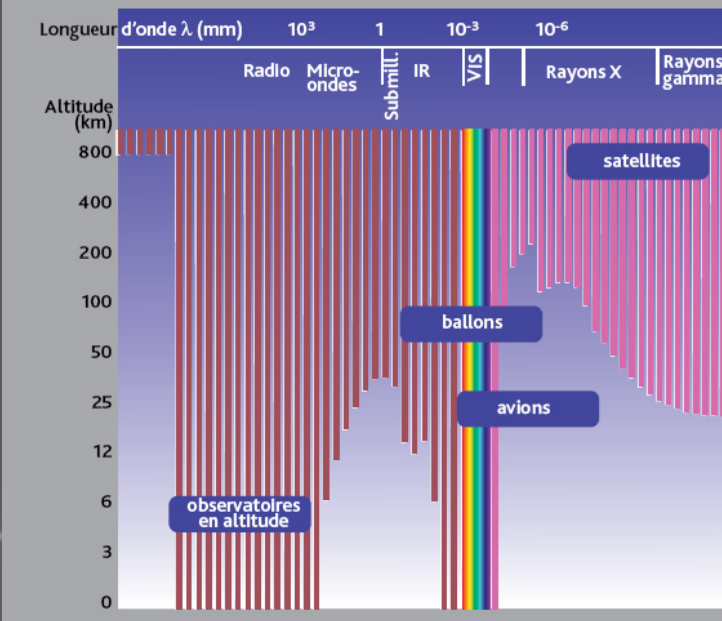


Sonder le milieu interstellaire

L'univers émet toutes les longueurs d'onde, mais seules les ondes radio, le visible et un peu d'infrarouge et d'UV. arrivent à la surface de la Terre.

*Ligne AILES
spectroscopie
d'absorption
Infrarouge lointain*

Pénétration du rayonnement dans l'atmosphère en fonction de la longueur d'onde.

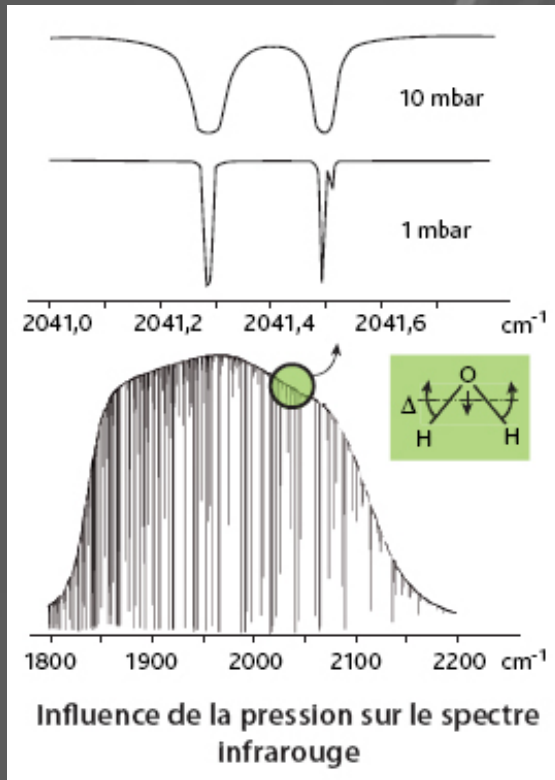


1983 : IRAS 1er satellite d'observation dans l'I.R.
14 mai 2009
 lancement du satellite Herschel : étude des molécules interstellaires

Crédits ESA

Sonder le milieu interstellaire

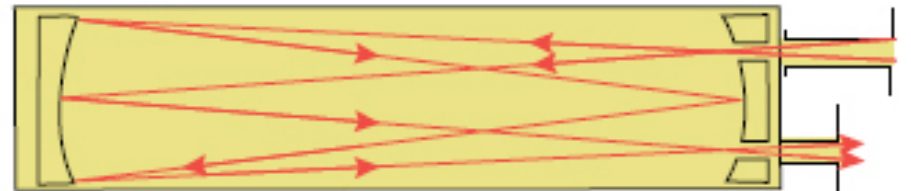
L'allure des spectres dépend des conditions de pression et de température



Loi de Beer Lambert

$$A(l) = \varepsilon \cdot L \cdot c$$

Le milieu interstellaire étant très dilué, il est nécessaire d'avoir un long chemin optique (28 m à LURE, jusqu'à 250 m espéré à SOLEIL)



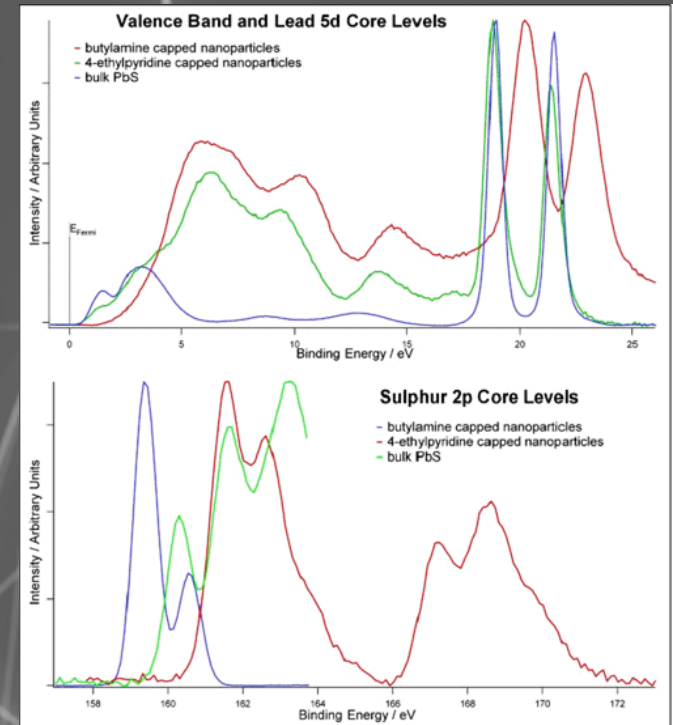
Principe des réflexions multiples
dans la cellule d'analyse

Étude de nouveaux matériaux pour les cellules photovoltaïques



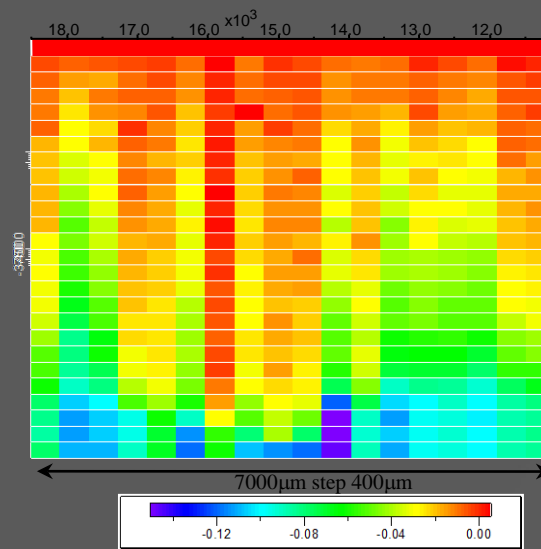
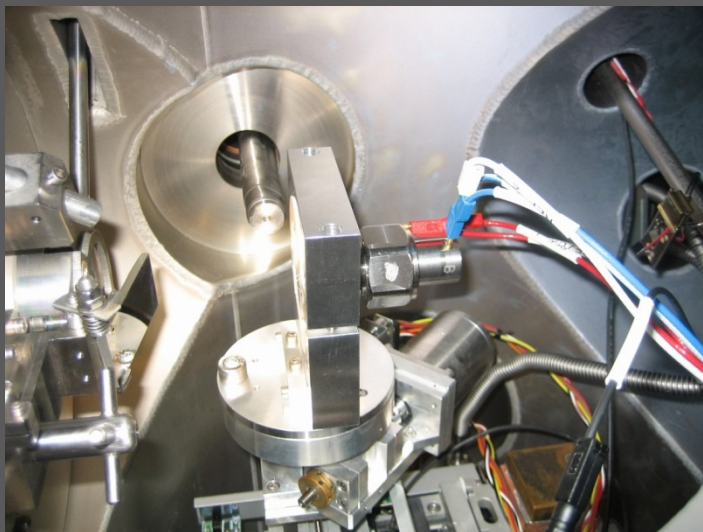
Le rendement des cellules photovoltaïques est actuellement très faibles, il est au mieux de 20%.

Étudier les propriétés électroniques de nouveaux matériaux pour améliorer leurs performances.



Étude de batteries au Lithium en fonctionnement

Ligne SAMBA
Absorption X
Rayons X durs



Évolution
durant la
charge de la
quantité
d'ions Fe^{2+}

Chaque colonne correspond à l'évolution, au cours de la charge, d'un point de l'électrode de $7 \mu\text{m} \times 7 \mu\text{m}$.

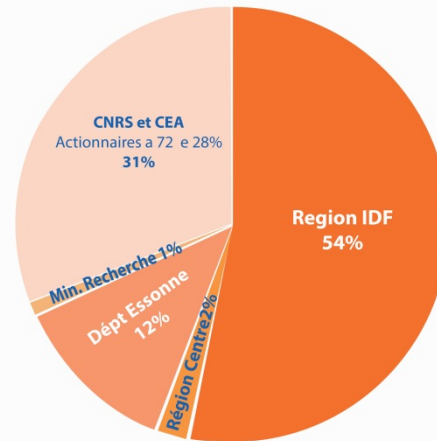
L'électrode positive de la batterie est constituée de LiFePO_4 .

Durant la charge, des ions Li^+ partent de l'électrode et, corrélativement, les ions Fe^{2+} sont oxydés en Fe^{3+} . La variation de la quantité d'ions Fe^{2+} renseigne sur l'avancement de la charge.

Projet PULSSE lignes associées SAMBA, ODE, LUCIA, CRISTAL



Budget 2002-2012 :
634 millions d'euros
Budget de fonctionnement :
57 millions d'euros par an



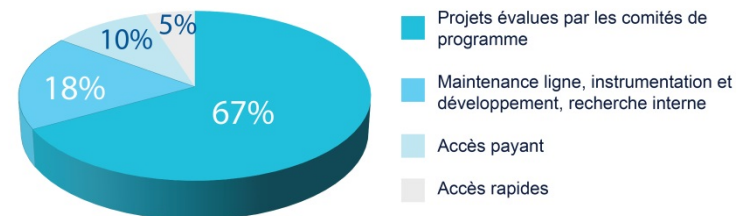
Contributions à l'investissement

Accès payant : industriels

- 10% des expériences
- Conditions : temps de faisceau payant, confidentialité des résultats

Accès gratuit : chercheurs

- 90% des expériences
- Conditions : passage par comité de programme, publication des résultats et citation de SOLEIL





SYLAR
SSY (E
LTA (D
SA-II (C
KA (Ka

RIA 1
Y - JIN
- F.V. (A

T (Ukrain

ALS (Berkeley) SRC (Stoughton) APS (Brookhaven)

ESRF (Grenoble) SOLEIL (Orsay) Kiev ISI 800 (Ukraine)

BEPC - BSRF (Beijing) PLS (Korea) UVSOR (Tokyo) (Osaka)



NLS (Campus)



in Synchrotron (Melbourne)



| janv 2016 | févr 2016 | mars 2016 | avr 2016 | mai 2016 | juin 2016 | juil 2016 | août 2016 | sept 2016 | oct 2016 | nov 2016 | déc 2016 | janv 2017 | févr 2017 |
|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| ven 01 | lun 01 | A A Tv | mar 01 | ven 01 | M M M | dim 01 | mer 01 | M M M | ven 01 | M M M | lun 01 | mer 01 | M M M |
| sam 02 | mar 02 | Cp B B | mer 02 | sam 02 | M M M | lun 02 | jeu 02 | M M M | ven 02 | M M M | dim 02 | mer 02 | M M M |
| dim 03 | mer 03 | M M M | jeu 03 | dim 03 | M M M | mar 03 | ven 03 | M M M | sam 03 | M M M | lun 03 | A A Tv | jeu 03 |
| lun 04 | jeu 04 | M M M | ven 04 | lun 04 | A A Tv | mer 04 | sam 04 | M M M | lun 04 | A A Tv | jeu 04 | mer 04 | sam 04 |
| mar 05 | ven 05 | M M M | sam 05 | mar 05 | Cp B B | jeu 05 | dim 05 | M M M | mar 05 | Cp B B | ven 05 | lun 05 | dim 05 |
| mer 06 | sam 06 | M M M | dim 06 | mer 06 | M M M | ven 06 | lun 06 | A A Tv | mer 06 | M M M | sam 06 | Cp B B | ven 06 |
| jeu 07 | dim 07 | M M M | lun 07 | jeu 07 | M M M | sam 07 | mar 07 | Cp B B | jeu 07 | M M M | dim 07 | mer 07 | sam 07 |
| ven 08 | lun 08 | A A Tv | mar 08 | ven 08 | M M M | dim 08 | mer 08 | M M M | ven 08 | M M M | lun 08 | mer 08 | M M M |
| sam 09 | mar 09 | Cp B B | mer 09 | sam 09 | M M M | lun 09 | jeu 09 | M M M | sam 09 | M M M | mar 09 | mer 09 | M M M |
| dim 10 | mer 10 | M M M | jeu 10 | dim 10 | M M M | mar 10 | ven 10 | M M M | dim 10 | M M M | mer 10 | ven 10 | M M M |
| lun 11 | jeu 11 | M M M | ven 11 | lun 11 | A A Tv | mer 11 | sam 11 | M M M | lun 11 | A A Tv | jeu 11 | mer 11 | sam 11 |
| mar 12 | ven 12 | M M M | A A A | mar 12 | Cp B B | jeu 12 | dim 12 | M M M | mar 12 | Cp B B | ven 12 | lun 12 | dim 12 |
| mer 13 | sam 13 | M M M | dim 13 | mer 13 | M M M | ven 13 | lun 13 | A A A | mer 13 | M M M | sam 13 | mar 13 | Cp B B |
| jeu 14 | dim 14 | M M M | lun 14 | jeu 14 | M M M | sam 14 | mar 14 | L L L | jeu 14 | M M M | dim 14 | mer 14 | Cp B B |
| ven 15 | lun 15 | A A Tv | mar 15 | ven 15 | M M M | dim 15 | mer 15 | L L L | ven 15 | M M M | lun 15 | jeu 15 | M M M |
| sam 16 | mar 16 | Cp B B | mer 16 | sam 16 | M M M | lun 16 | jeu 16 | L L L | sam 16 | M M M | mar 16 | ven 16 | M M M |
| dim 17 | mer 17 | M M M | jeu 17 | dim 17 | M M M | mar 17 | ven 17 | L L L | dim 17 | M M M | mer 17 | lun 17 | M M M |
| lun 18 | jeu 18 | M M M | ven 18 | lun 18 | A A Tv | mer 18 | sam 18 | L L L | lun 18 | A A Tv | jeu 18 | mer 18 | M M M |
| mar 19 | ven 19 | M M M | sam 19 | mar 19 | 8 8 8 | jeu 19 | dim 19 | L L L | mar 19 | Cp B B | ven 19 | lun 19 | M M M |
| mer 20 | sam 20 | M M M | dim 20 | mer 20 | 8 8 8 | ven 20 | lun 20 | A A Tv | mer 20 | sam 20 | dim 20 | mer 20 | M M M |
| jeu 21 | dim 21 | M M M | lun 21 | jeu 21 | 8 8 8 | sam 21 | mar 21 | Cp B B | jeu 21 | M M M | dim 21 | sam 21 | M M M |
| ven 22 | lun 22 | A A Tv | mar 22 | ven 22 | 8 8 8 | dim 22 | mer 22 | M M M | ven 22 | M M M | lun 22 | jeu 22 | M M M |
| sam 23 | mar 23 | Cp B B | mer 23 | sam 23 | 8 8 8 | lun 23 | jeu 23 | M M M | sam 23 | M M M | mar 23 | ven 23 | M M M |
| dim 24 | mer 24 | M M M | jeu 24 | dim 24 | 8 8 8 | mar 24 | ven 24 | M M M | dim 24 | M M M | mer 24 | lun 24 | M M M |
| lun 25 | jeu 25 | M M M | ven 25 | lun 25 | M M M | mer 25 | sam 25 | M M M | lun 25 | jeu 25 | A A A | mer 25 | M M M |
| mar 26 | ven 26 | M M M | sam 26 | mar 26 | M M M | jeu 26 | dim 26 | M M M | mar 26 | ven 26 | A A A | lun 26 | M M M |
| mer 27 | sam 27 | M M M | dim 27 | mer 27 | M M M | ven 27 | lun 27 | A A Tv | mer 27 | sam 27 | A A A | mar 27 | M M M |
| jeu 28 | dim 28 | M M M | lun 28 | jeu 28 | M M M | sam 28 | mar 28 | Cp B B | jeu 28 | dim 28 | A A A | mer 28 | M M M |
| ven 29 | lun 29 | M M M | mar 29 | ven 29 | M M M | dim 29 | mer 29 | M M M | ven 29 | lun 29 | A A A | jeu 29 | M M M |
| sam 30 | mar 30 | M M M | jeu 30 | sam 30 | M M M | lun 30 | jeu 30 | M M M | sam 30 | mar 30 | B B B | ven 30 | M M M |
| dim 31 | jeu 31 | M M M | ven 31 | dim 31 | M M M | mar 31 | mer 31 | M M M | dim 31 | mer 31 | M M M | lun 31 | M M M |

| | |
|----|-------------|
| M | 3480 heures |
| S | 288 heures |
| s | 288 heures |
| L | 288 heures |
| B | 488 heures |
| Cp | 172 heures |
| Tv | 96 heures |
| A | 5100 heures |
| A | 1252 heures |
| . | 2432 heures |
| . | 366 jours |
| 1 | 212,5 Jours |
| A | 52,2 Jours |
| . | 101,3 Jours |

T : Test radioprotection M : multibunch 450 mA (uniforme ou hybride)
 A : Temps accélérateur 8 : 8 paquets 100 mA
 S : 1 paquet 16 mA
 L : Low alpha (paquets courts, mode hybride 425 + 5)

Merci de votre attention

