

Explorer les propriétés radiatives des plasmas chauds

Virginie SILVERT

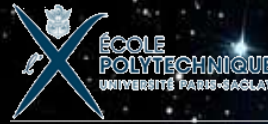
Docteur en Physique des Plasmas

CEA Valduc





DEA Physique et Technologie des Grands Instruments

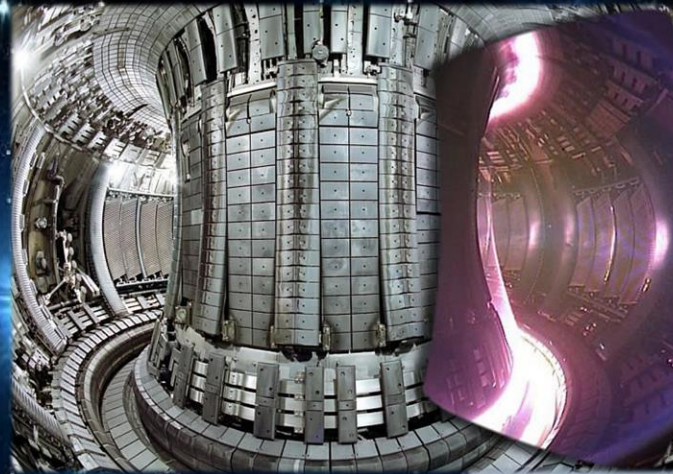


Tokamaks, stellerators, réacteurs...

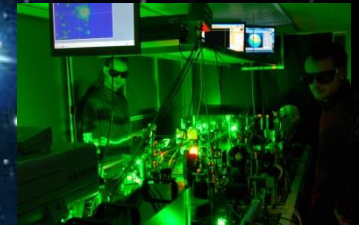


Sources d'ions, canon à électrons...

Electromagnétisme



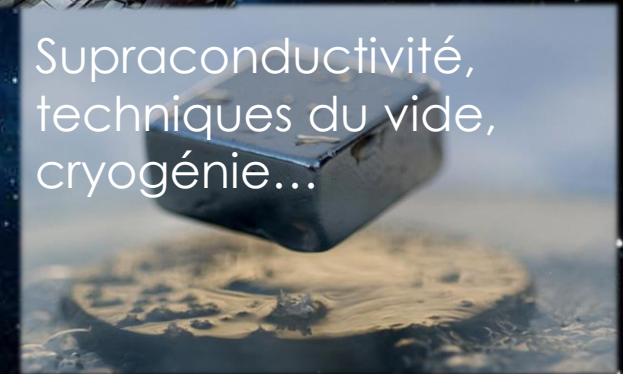
Laser



Supraconductivité,
techniques du vide,
cryogénie...



Accélérateurs de
particules



Un parcours de physicienne entre théorie et technologie
des grands instruments .

*Thèse de doctorat- Physique des plasmas
Validation expérimentale des codes de Physique Atomique HETL*



Des atomes aux étoiles



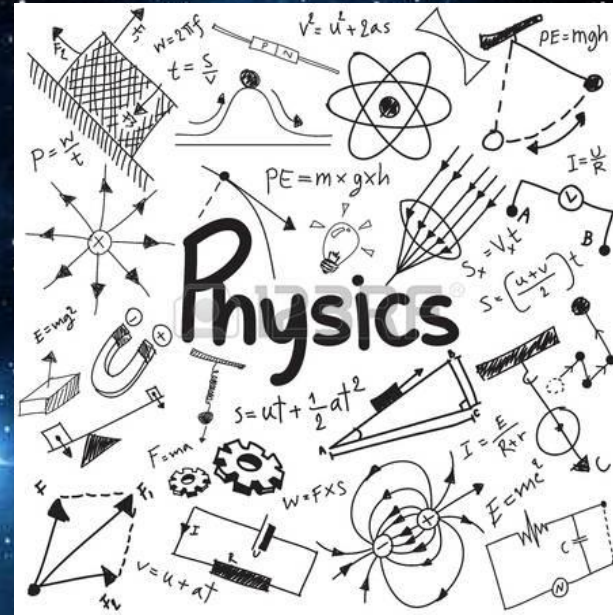
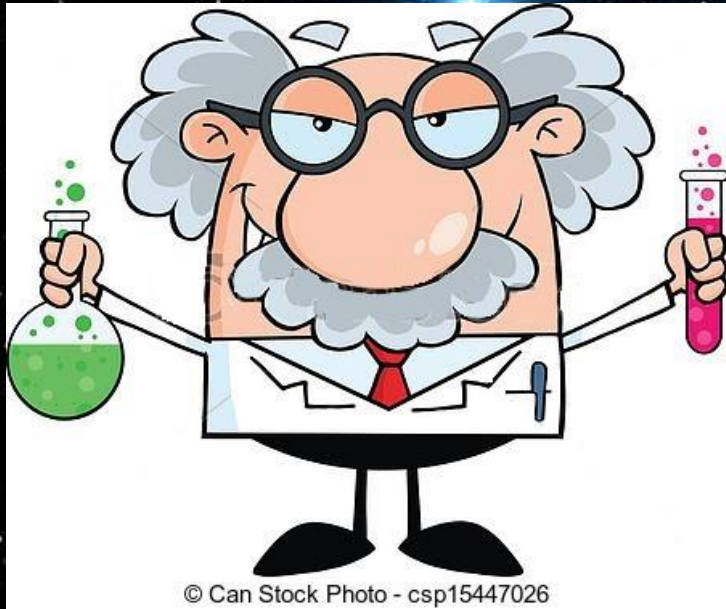
Une formation par la recherche réalisée au sein du laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses à l'X.



*Thèse de doctorat- Physique des plasmas
Validation expérimentale des codes de Physique Atomique HETL*

Générer avec un laser de puissance des conditions de température et de densité sur un échantillon dont on veut connaître les propriétés radiatives.

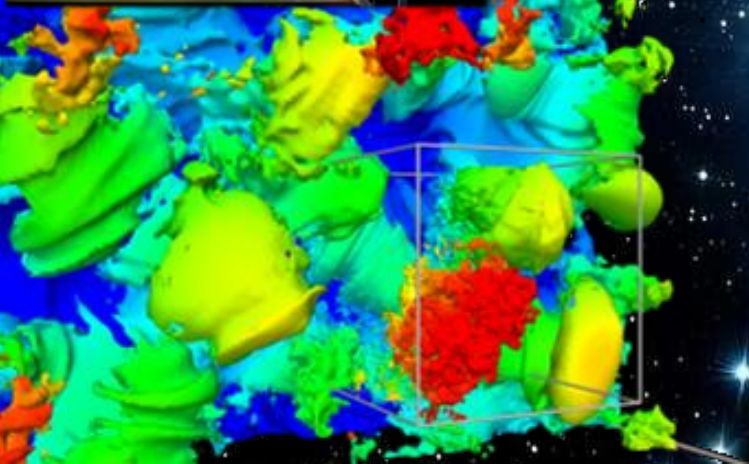
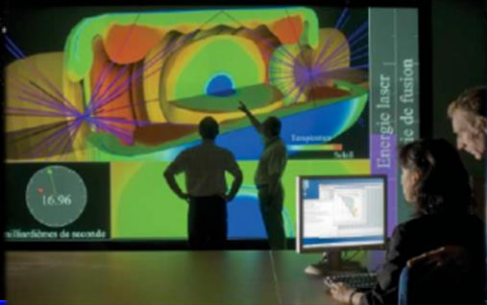
se servir de l'expérience pour faire évoluer et valider les modèles théoriques



Une formation par la recherche réalisée au sein du laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses à l'X.

Une expérience d'enseignement et l'entrée au CEA
DAM- Direction Ile de France.





Une expérience d'enseignement et l'entrée au CEA
DAM- Direction Ile de France.



La possibilité de diversifier sa carrière: l'arrivée au CEA
DAM- Centre de Valduc.



Explorer les propriétés radiatives des plasmas chauds.

Propriétés radiatives



Plasmas chauds



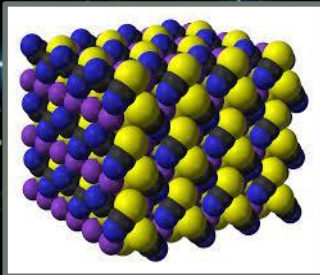
Explorer les propriétés radiatives des plasmas chauds.



Qu'est ce qu'un plasma?



A mesure que l'on fournit de l'énergie à un système, les particules le composant gagnent en « degré de liberté »



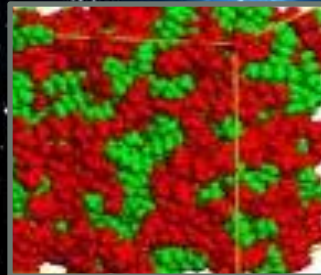
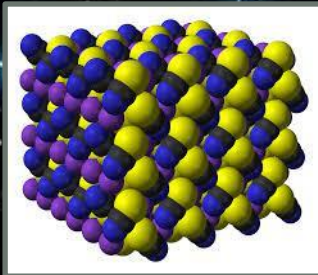
A mesure que l'on fournit de l'énergie à un système, les particules le composant gagnent en « degré de liberté »

SOLIDE

LIQUIDE

GAZ

PLASMA



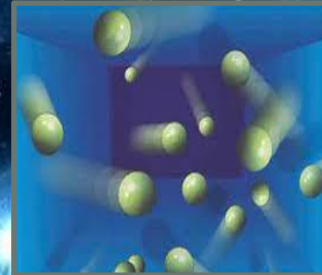
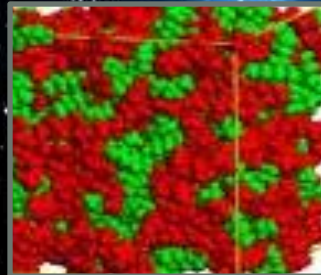
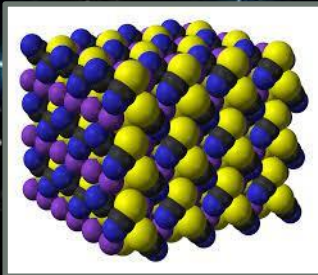
A mesure que l'on fournit de l'énergie à un système, les particules le composant gagnent en « degré de liberté »

SOLIDE

LIQUIDE

GAZ

PLASMA



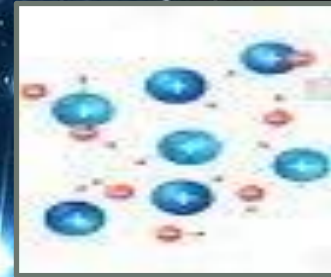
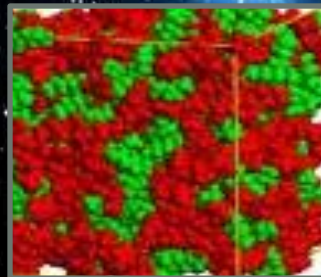
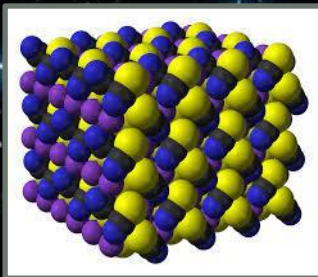
A mesure que l'on fournit de l'énergie à un système, les particules le composant gagnent en « degré de liberté »

SOLIDE

LIQUIDE

GAZ

PLASMA

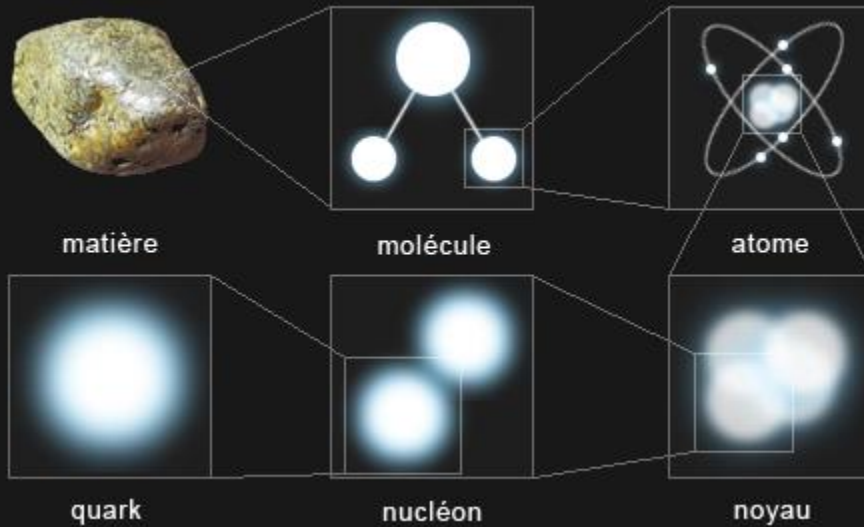


La phase ultime correspond à la séparation des constituants de l'atome qui évoluent indépendamment. Un plasma est un système physique globalement neutre composé de particules chargées positivement (ions) et négativement (électrons).

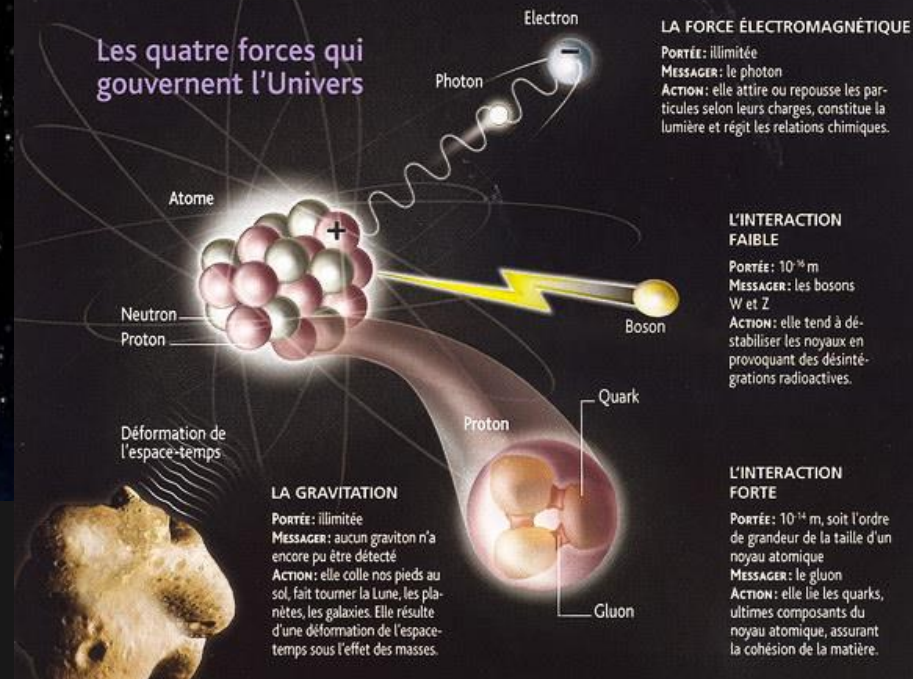


La matière « ordinaire » de l'Univers
est pour 99% à l'état de plasma

4 forces fondamentales



Les quatre forces qui gouvernent l'Univers



Le bestiaire des particules

La matière « ordinaire » de l'Univers est pour 99% à l'état de plasma

Des plasmas dilués du
vide interstellaire....



La matière « ordinaire » de l'Univers
est pour 99% à l'état de plasma

Au cœur ultra chaud et ultra dense des étoiles à neutrons



Des plasmas dilués du vide interstellaire....



La matière « ordinaire » de l'Univers est pour 99% à l'état de plasma



Propriétés radiatives d'un plasma?



Un plasma est caractérisé macroscopiquement
par plusieurs observables

Les plasmas sont caractérisés par leur **température**.



Un plasma est caractérisé macroscopiquement par plusieurs observables

Les plasmas sont caractérisés par leur **température**.

On distingue :

Température électronique

Température ionique

Température radiative



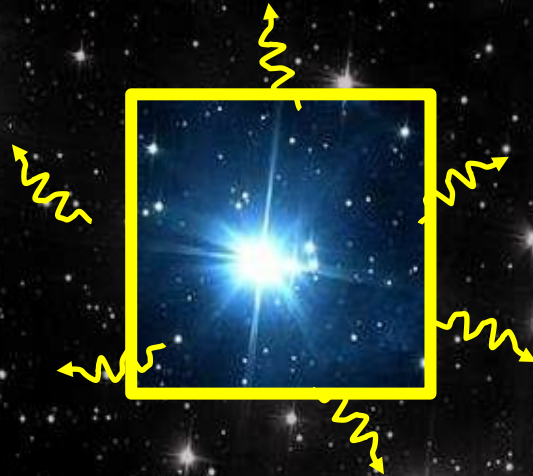
Equilibre Thermodynamique

Hors Equilibre Thermodynamique Local

Un plasma est caractérisé macroscopiquement
par plusieurs observables

Les plasmas sont caractérisés par leur **spectre de rayonnement**.

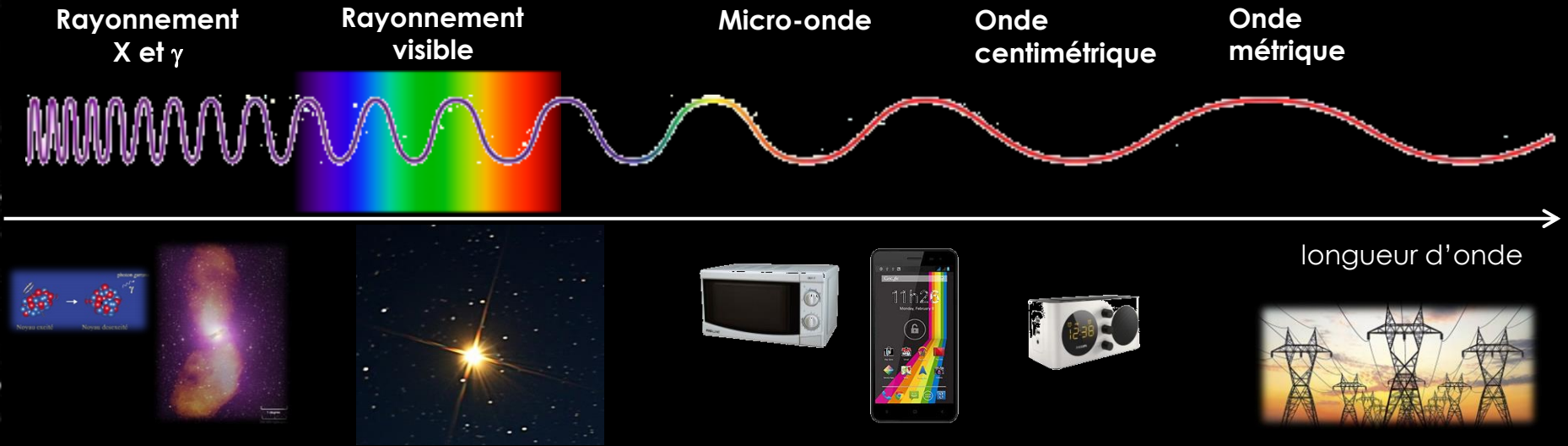
Tous les corps émettent un rayonnement.



Ce rayonnement a une énergie (une longueur d'onde) différente qui dépend, de la nature du corps et de sa température.
C'est le spectre électromagnétique.

Un plasma est caractérisé macroscopiquement par plusieurs observables

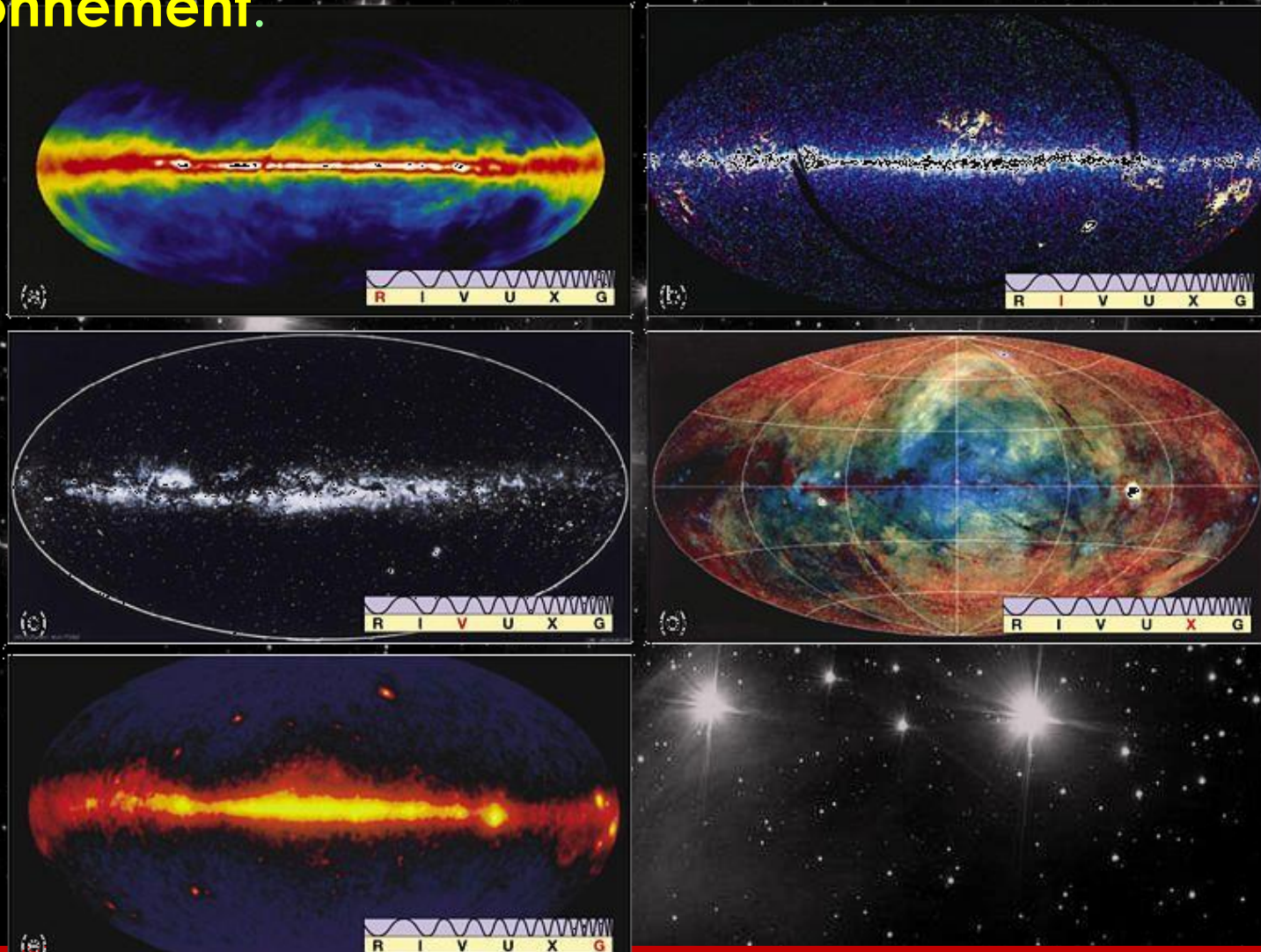
Les plasmas sont caractérisés par leur **spectre de rayonnement**.



L'œil humain ne perçoit qu'une toute petite partie du spectre électromagnétique. Des équipements spécifiques sont développés pour capter le spectre complet (spectromètres).

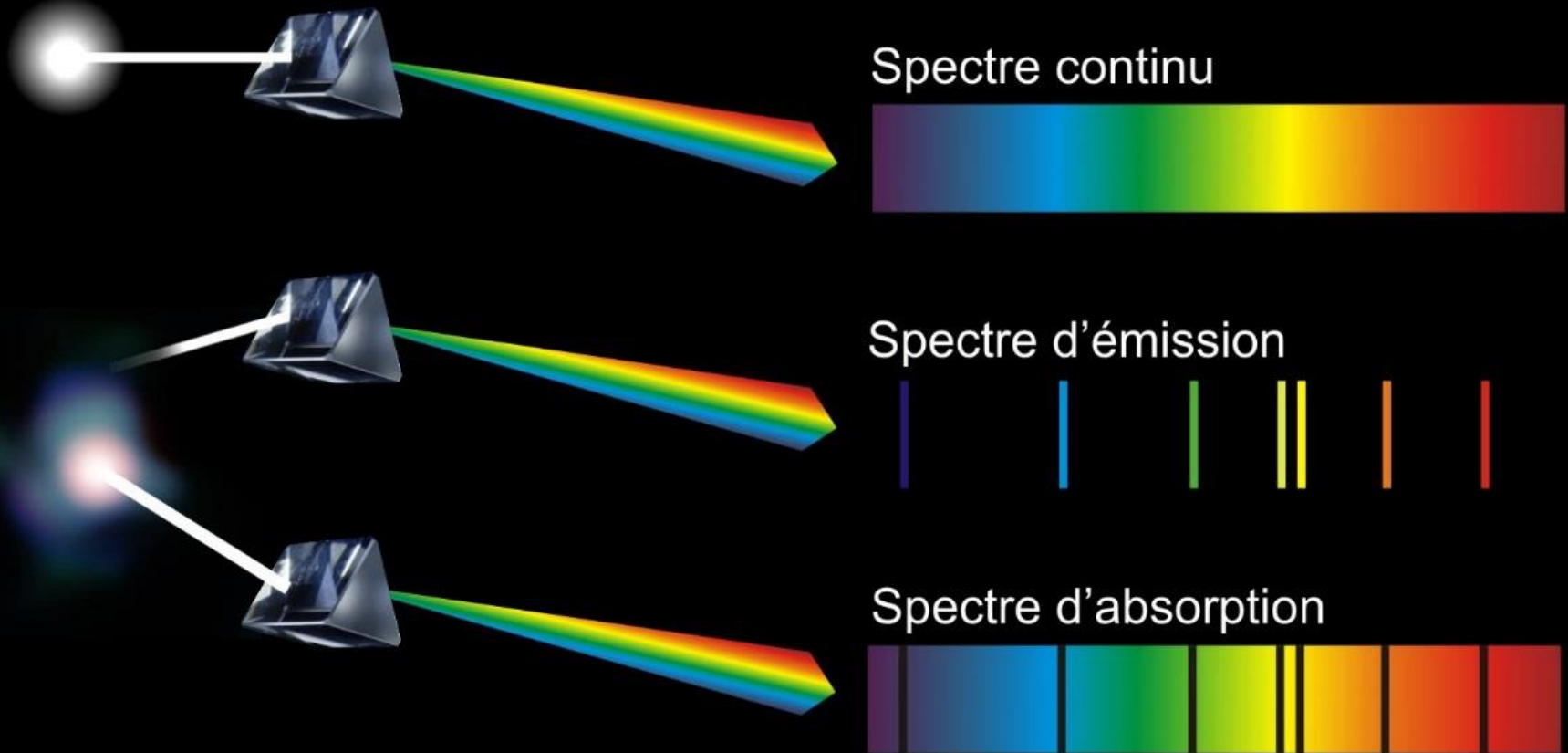
Un plasma est caractérisé macroscopiquement par plusieurs observables

Les plasmas sont caractérisés par leur **spectre de rayonnement**.



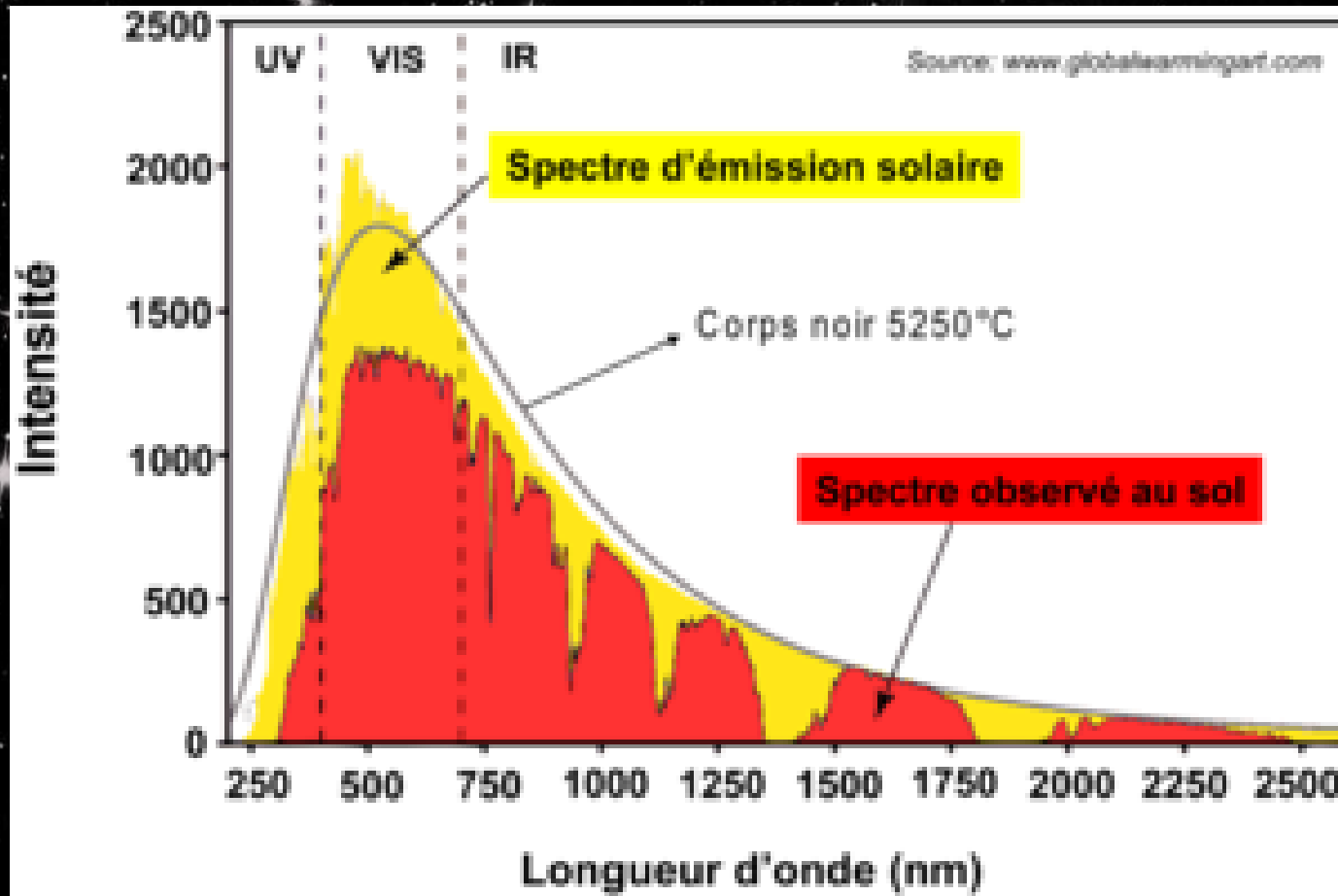
Exemple du spectre de rayonnement de la voie lactée dans 5 bandes d'énergie différentes

Les plasmas sont caractérisés par leur **spectre de rayonnement**.



Un spectre de rayonnement fait apparaître des raies d'émission ou d'absorption

Les plasmas sont caractérisés par leur **spectre de rayonnement**.



Un spectre de rayonnement fait apparaître des raies d'émission ou d'absorption

Les plasmas sont caractérisés par leur **degré d'ionisation**.
C'est-à-dire le degré de « dépouillement » du cortège électronique ou encore la quantité d'électrons « arrachés » à l'atome neutre pour rejoindre le continuum



Ce degré d'ionisation est aussi étendu que ne l'est le gradient de température du plasma.

Un plasma est caractérisé macroscopiquement par plusieurs observables

Les plasmas sont caractérisés par leur **densité électronique**.

C'est-à-dire leur état de « confinement »:
plasma dense, dilué,



Un plasma est caractérisé macroscopiquement
par plusieurs observables



La nature des plasmas

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea

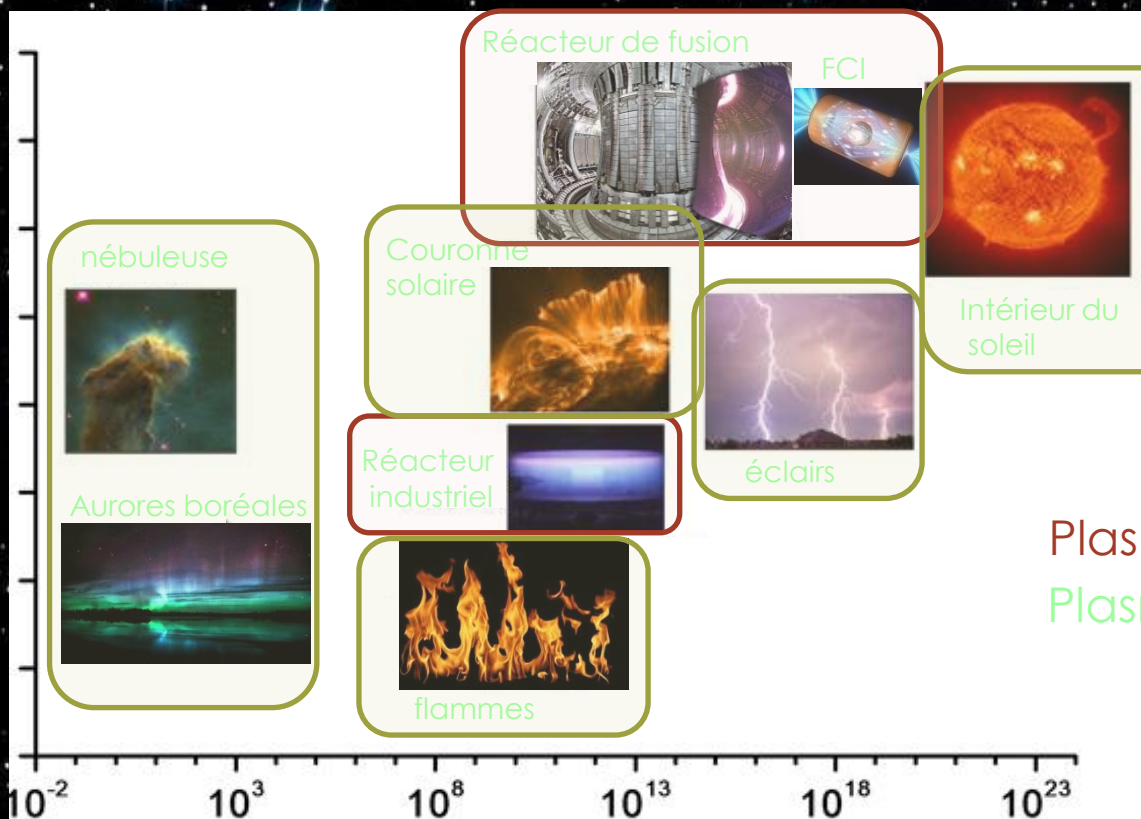
VALDUC

Température (degrés)

1 milliard

1 million

1 millier



densité (nombre de particules/cm³)

Plasmas artificiels
Plasmas naturels

La nature des plasmas

Les plasmas créés par Laser

Aparté sur le Laser

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea

VALDUC

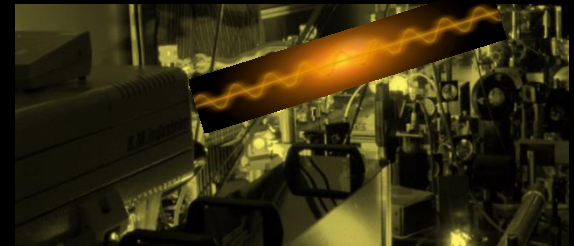


La lumière d'une ampoule?

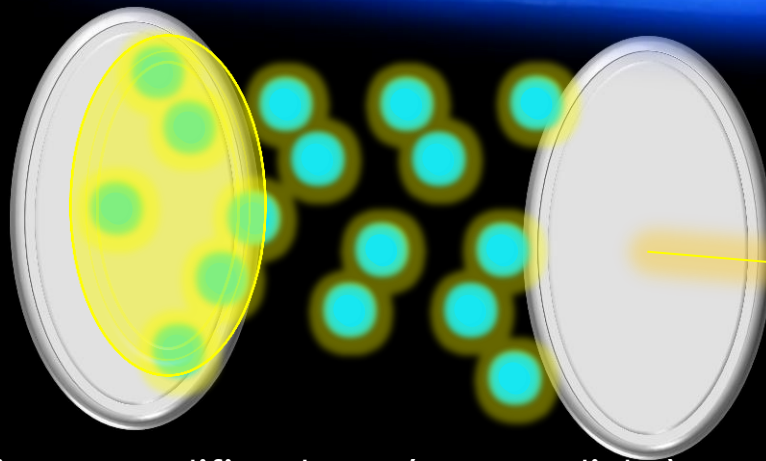
Des photons de toutes les couleurs!

La lumière d'un laser?

Des photons d'une seule couleur qui avancent en même temps et de la même façon



Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation



Disposer d'un milieu amplificateur (gaz, solide): **les atomes sont dans leur niveau fondamental**

Apporter de l'énergie de l'extérieur: **les atomes sont excités (certains électrons grimpent dans des niveaux d'énergie supérieure: c'est l'inversion de population)**

Maîtriser le phénomène d'émission stimulée: **les premiers atomes excités se dés excitent spontanément: ils émettent un photon. Ce photon va entrer en collision avec un autre atome excité et provoquer l'émission d'un photon « clone » qui lui-même va interagir avec un autre atome excité, etc**

Disposer le milieu dans une cavité fermée de miroirs: **création d'un ensemble de photons de même couleur, même direction, même phase et amplification du phénomène par le jeu des miroirs.**

Light Amplification by Stimulated Emission of
Radiation

$$\text{Puissance (Watt)} = \frac{\text{Energie (Joule)}}{\text{Temps (s)}}$$

Cas des lasers **continus**

Ex: diode (0,001 W)



laser de soudage (50 000 W)



Cas des lasers **impulsionnels**

Un laser qui délivre 1000 J en 10^{-9} seconde a une puissance de 10^{12} W
Laser LIL (prototype du LMJ)

Puissance et intensité d'un Laser

$$\text{Intensité (Watt/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Puissance (Watt)}}{\text{Surface (cm}^2\text{)}}$$



Soleil
0,1 W/cm²



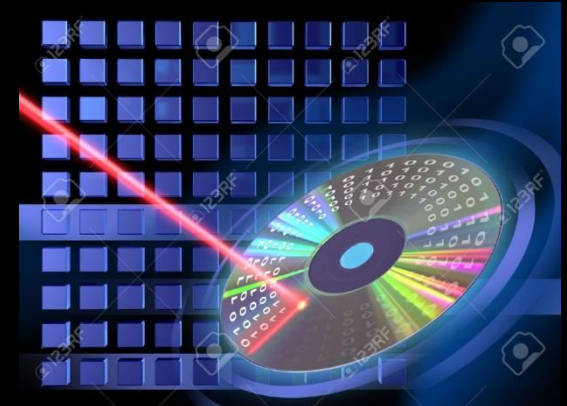
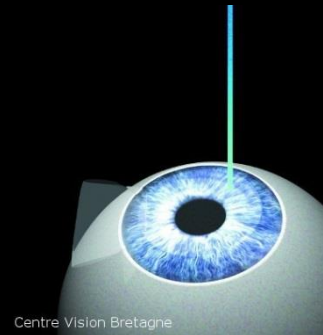
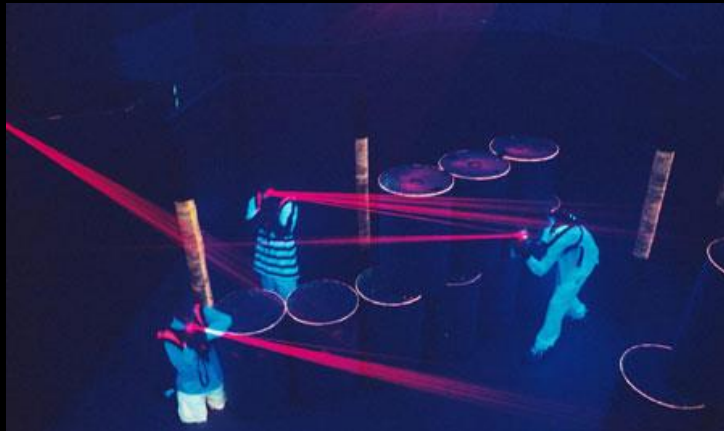
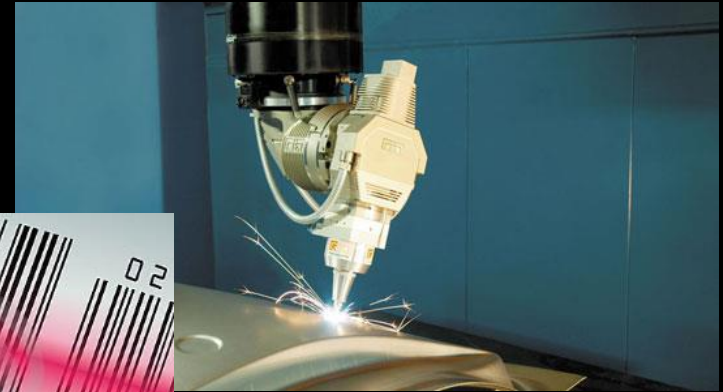
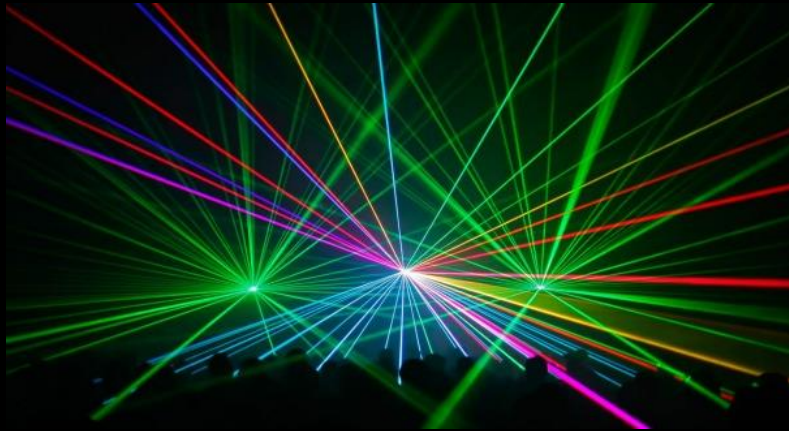
Soleil focalisé par une loupe
100 W/cm²



LMJ
Sup à 10¹⁹ W/cm²
(10 000 000 000 000 000 000)

Puissance et intensité d'un Laser

Les lasers qui servent à nos expériences ne sont pas:



Les lasers de puissance pour créer des plasmas chauds

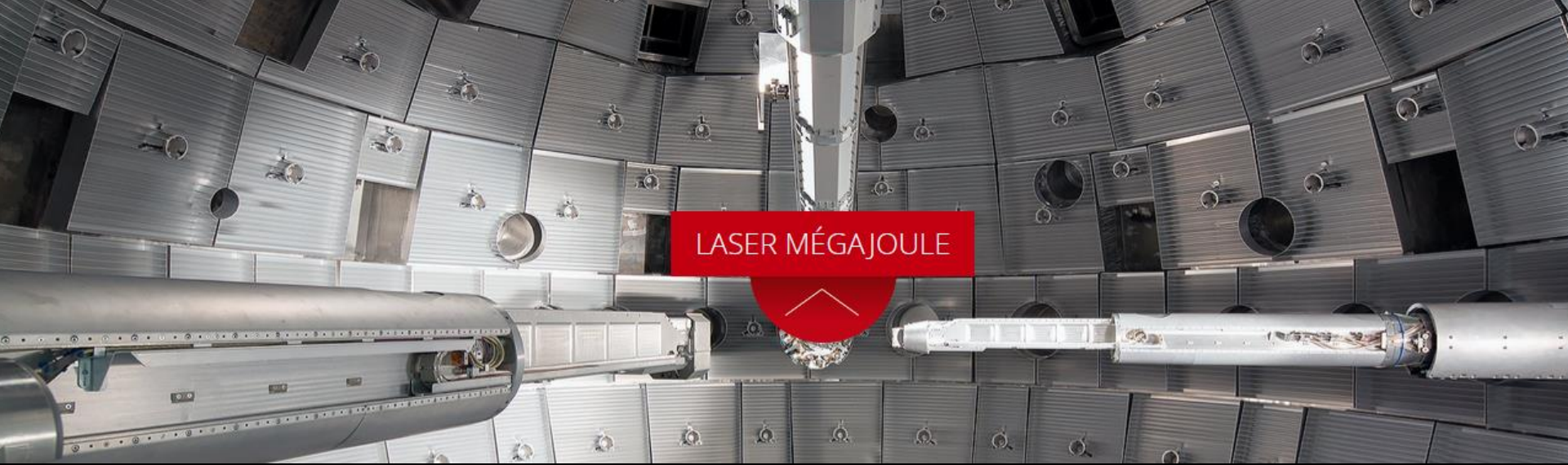
Les lasers qui servent à nos expériences sont des laser de puissance!
Ils délivrent plusieurs **centaines de Joules** en quelques **nanosecondes**
= **puissances** phénoménales!
D'où des températures et densités locales extraordinaires!



Les lasers de puissance pour créer des plasmas
chauds

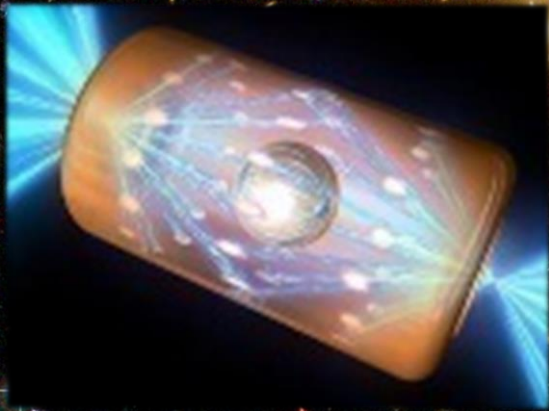
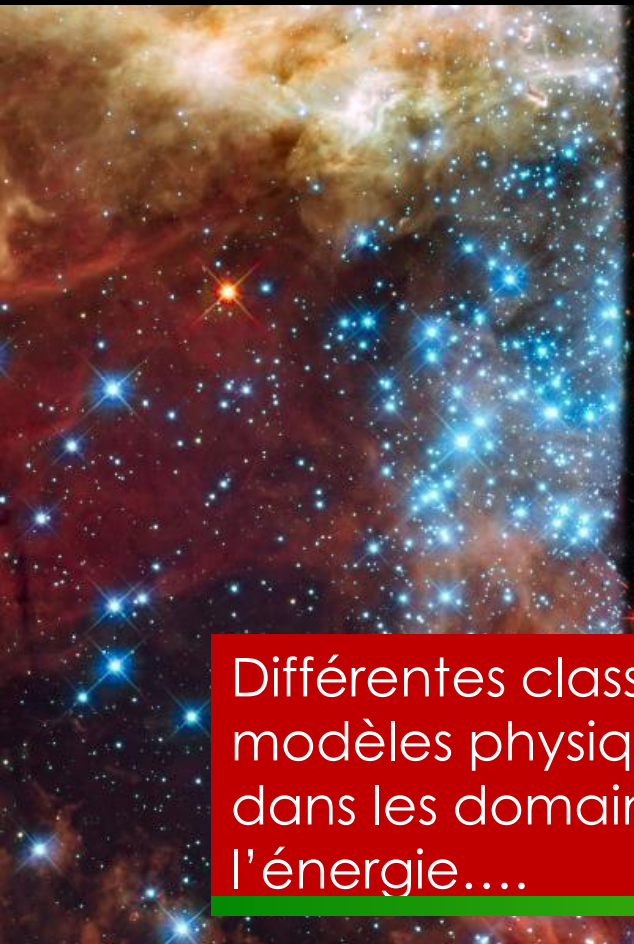
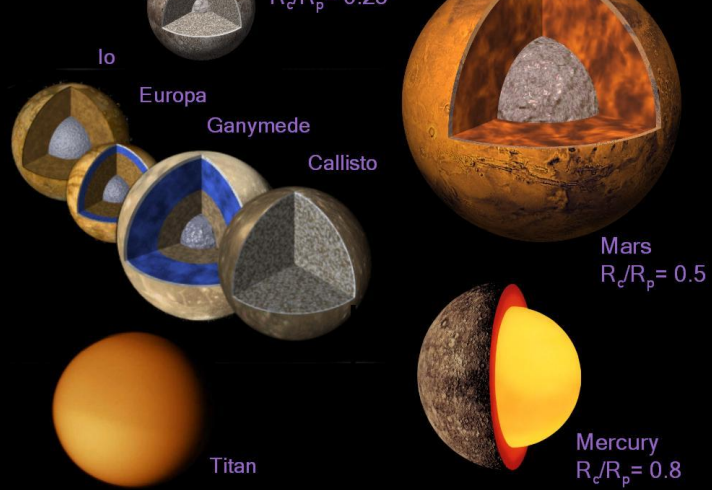


Les plasmas créés par le Laser Megajoule

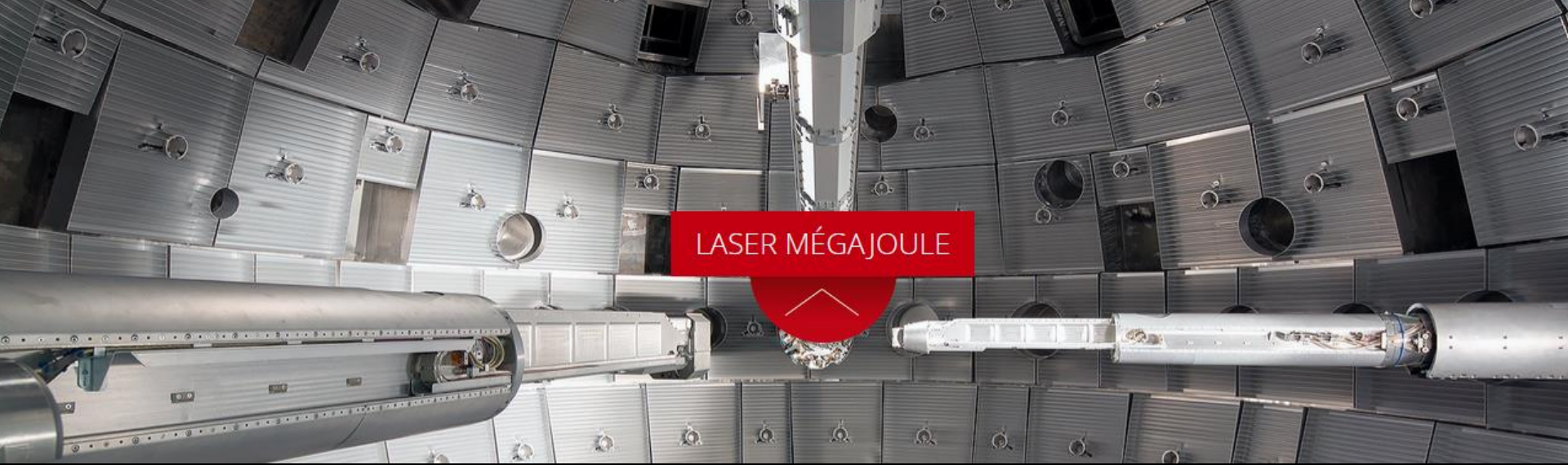


LASER MÉGAJOULE

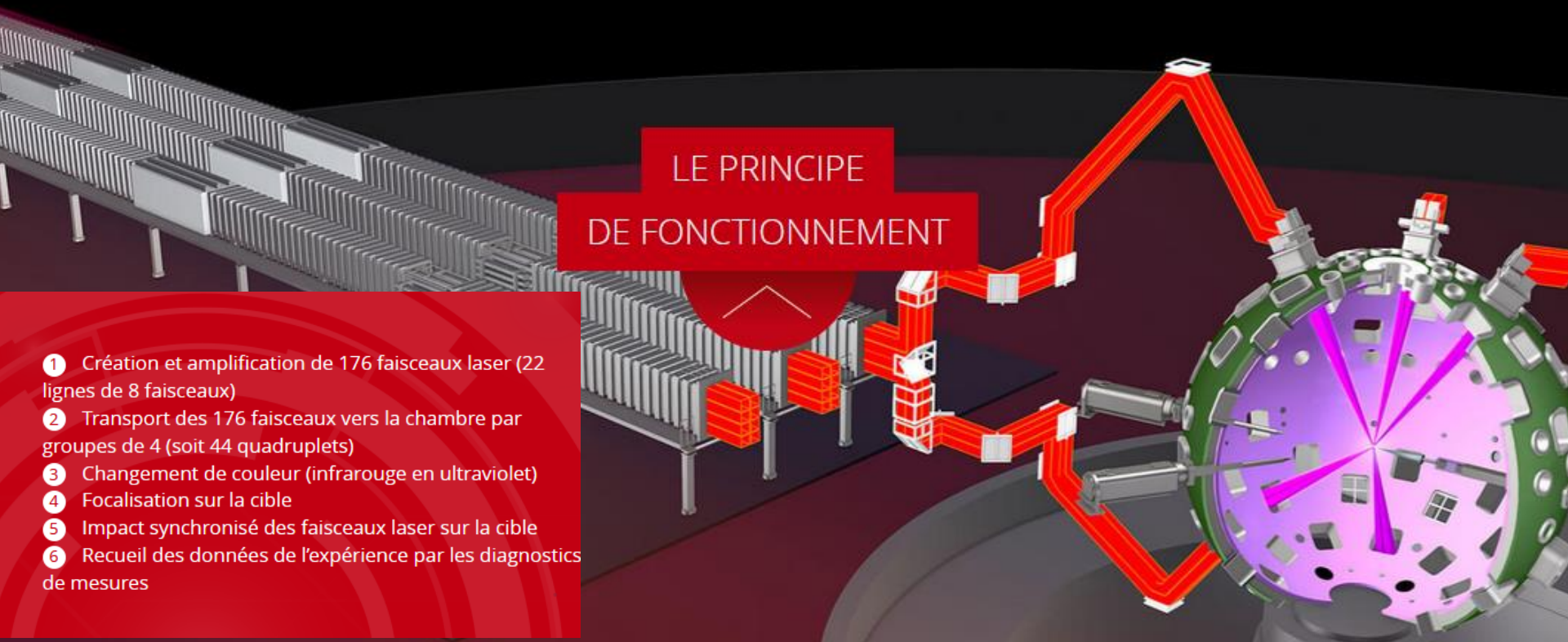
Les plasmas créés par le Laser
Megajoule



Différentes classes d'expériences pour valider les modèles physiques et explorer notre compréhension dans les domaines astrophysiques, de la planétologie, de l'énergie....

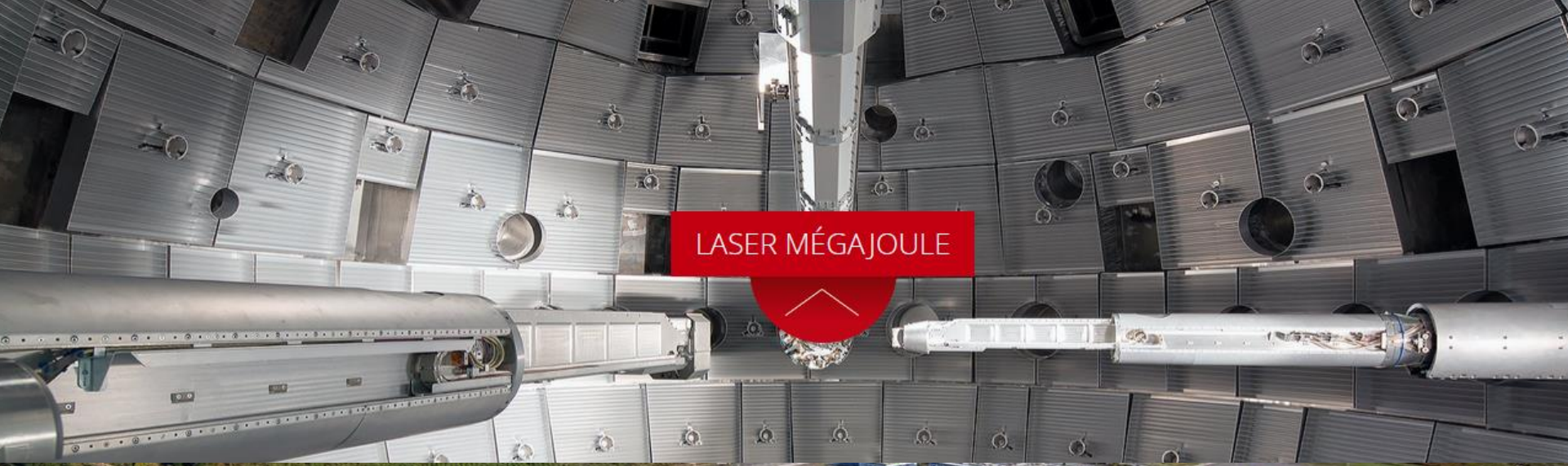


LASER MÉGAJOLE



LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

- 1 Création et amplification de 176 faisceaux laser (22 lignes de 8 faisceaux)
- 2 Transport des 176 faisceaux vers la chambre par groupes de 4 (soit 44 quadruplets)
- 3 Changement de couleur (infrarouge en ultraviolet)
- 4 Focalisation sur la cible
- 5 Impact synchronisé des faisceaux laser sur la cible
- 6 Recueil des données de l'expérience par les diagnostics de mesures



LASER MÉGAJOULE

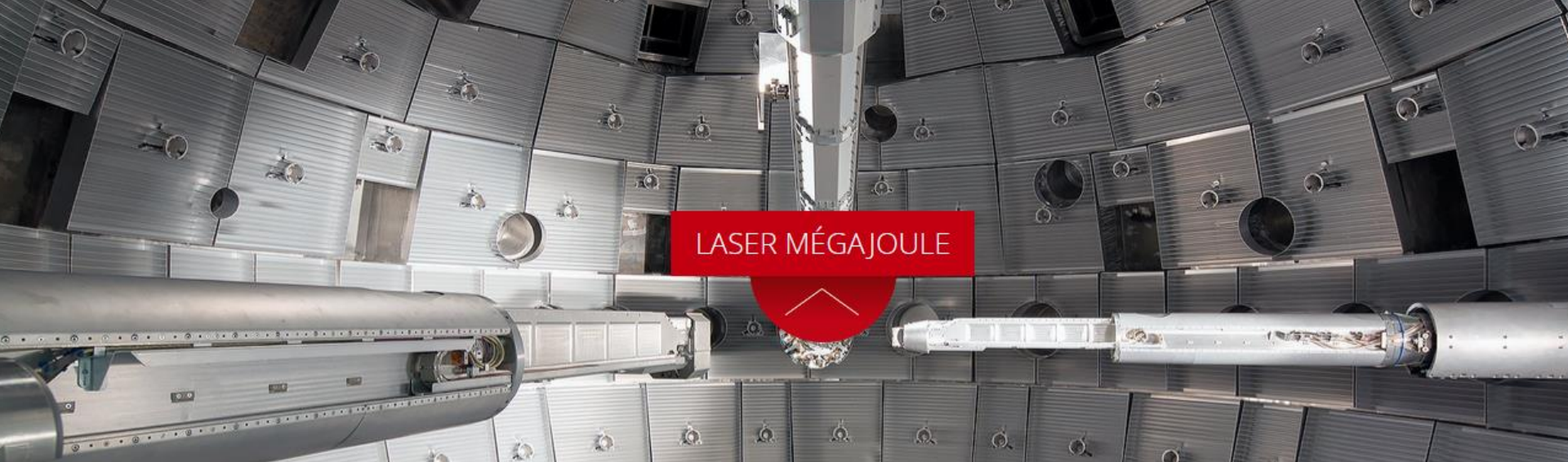


LE BÂTIMENT

Longueur : 300 m
Largeur : 150 m
Hauteur hors sol : 35 m
Hauteur totale : 50 m

155 000 m³ de béton
16 000 tonnes d'acier
400 000 m² de surface de murs
120 000 m² de planchers

260 tonnes de peinture
72 000 m² de bardage
1000 portes
50 000 m² de salle blanche



LASER MÉGAJoule



LE HALL D'EXPÉRIENCES, LA CHAMBRE
ET SES ÉQUIPEMENTS

Hall d'expériences

Hauteur : 50 m
Diamètre : 60 m
12 niveaux de plancher

Chambre d'expériences

Diamètre intérieur : 10 m
Paroi aluminium 10 cm + béton 40 cm
Masse sphère de la métallique : 120 tonnes
Masse totale : 300 tonnes

The image shows the interior of the MEGAJoule laser facility, a large, circular, metallic chamber with a complex, multi-layered structure. The walls are composed of numerous rectangular panels, each featuring a small circular opening. Two large, cylindrical laser tubes extend horizontally from the center towards the left and right sides of the frame. A red banner with white text is positioned in the upper center, and a red arrow points downwards from it towards the center of the chamber.

LASER MÉGAJoule

Amener la matière dans des conditions de température et de pression extrêmes

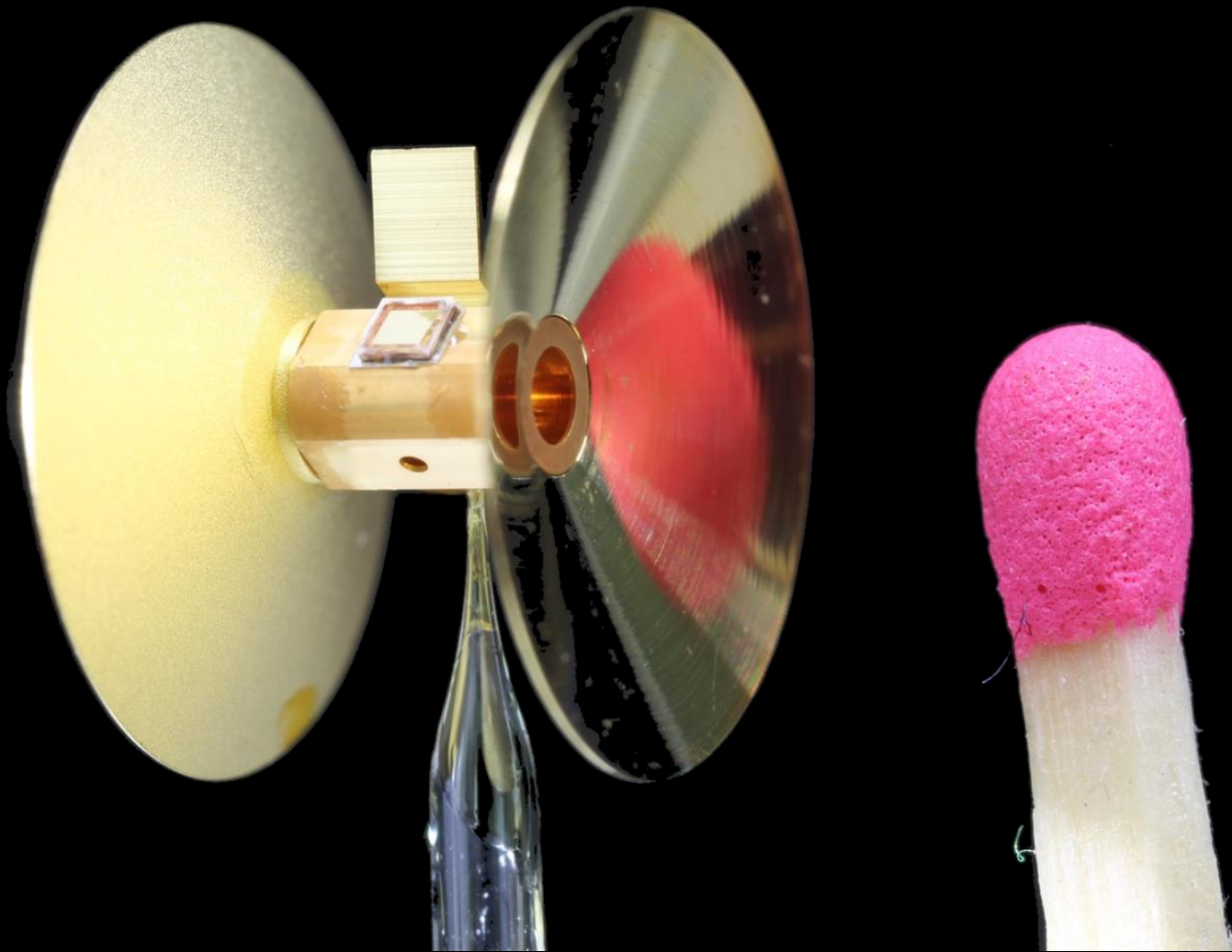
The image shows the interior of a large, circular industrial facility with a metallic, ribbed wall. A central vertical structure is visible. A red callout box with a white upward-pointing arrow is positioned in the center. The text inside the box is white and reads "LASER MÉGAJoule".

LASER MÉGAJoule

The image shows the interior of a large, circular industrial facility with a metallic, ribbed wall. A central vertical structure is visible. A red callout box with a white upward-pointing arrow is positioned in the center. The text inside the box is white and reads "CIBLES ET MESURES".

CIBLES ET MESURES

Pour atteindre des conditions de température et de pression extrêmes il faut concentrer l'énergie en un temps très court sur une très faible surface



Le service Microcibles du CEA de VALDUC
fabrique ces bijoux technologiques

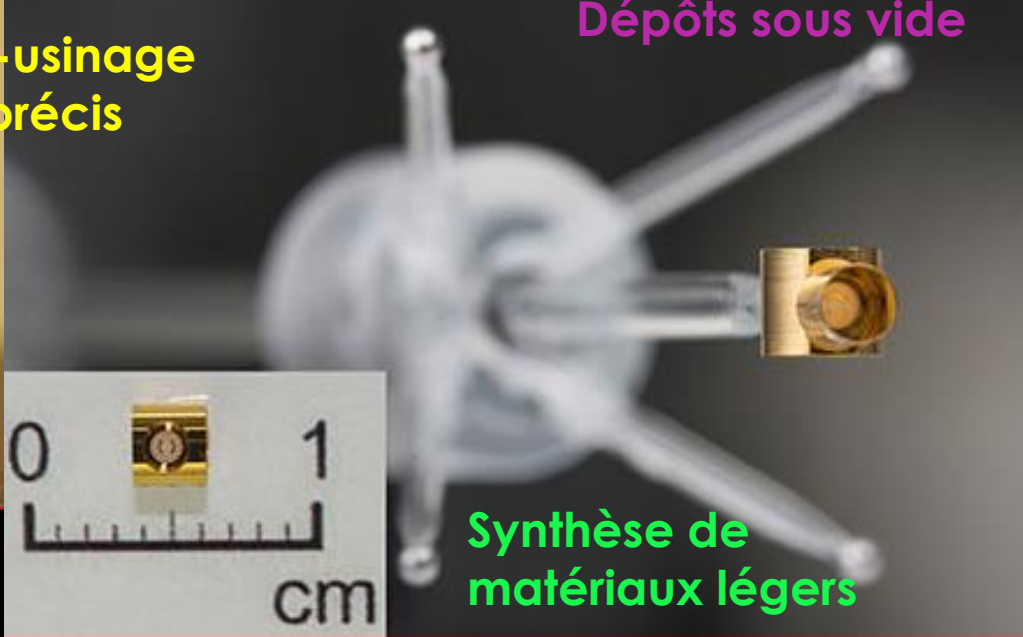


**Micro-usinage
ultra-précis**

Fabrication additive



**Synthèse de
matériaux légers**



Dépôts sous vide

**Synthèse de
matériaux légers**

Micro-assemblage

**Contrôle
dimensionnel,
tomographie X,
AFM...**



Micromanipulation

Il existe une grande variété de cibles, chacune étant définie en fonction de l'expérience que l'on souhaite réaliser. La cible est renouvelée à chaque expérience.

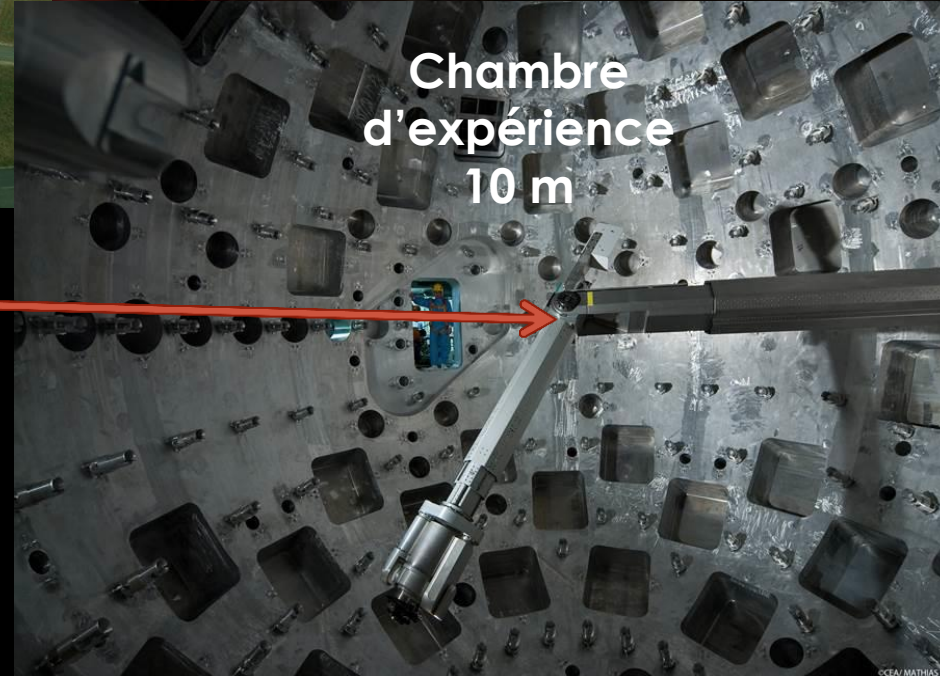
Bâtiment
300m x 120 m



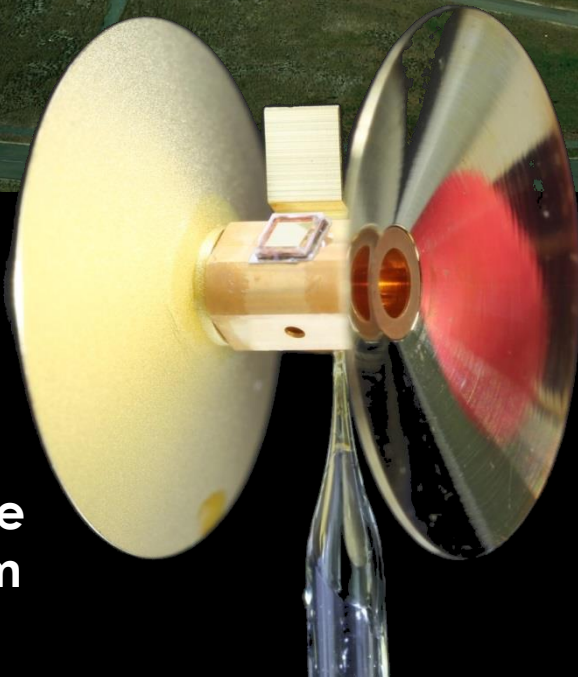
Salle expérimentale
60 m



**Chambre
d'expérience**
10 m



Cible
1 cm

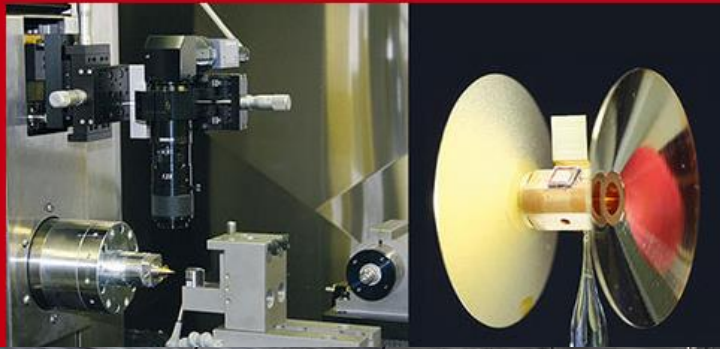


La cible LASER, objet de taille millimétrique, est positionnée avec une très grande précision au centre de la chambre d'expériences du Laser Mégajoule

Les cibles

La cible est un microsystème de taille millimétrique, conçu pour permettre, après avoir reçu l'énergie du LMJ, de reproduire en laboratoire un phénomène de même nature que celui intervenant dans les armes. Dans la cible, la matière est « chauffée » par les faisceaux laser et peut être portée, en quelques milliardièmes de seconde à :

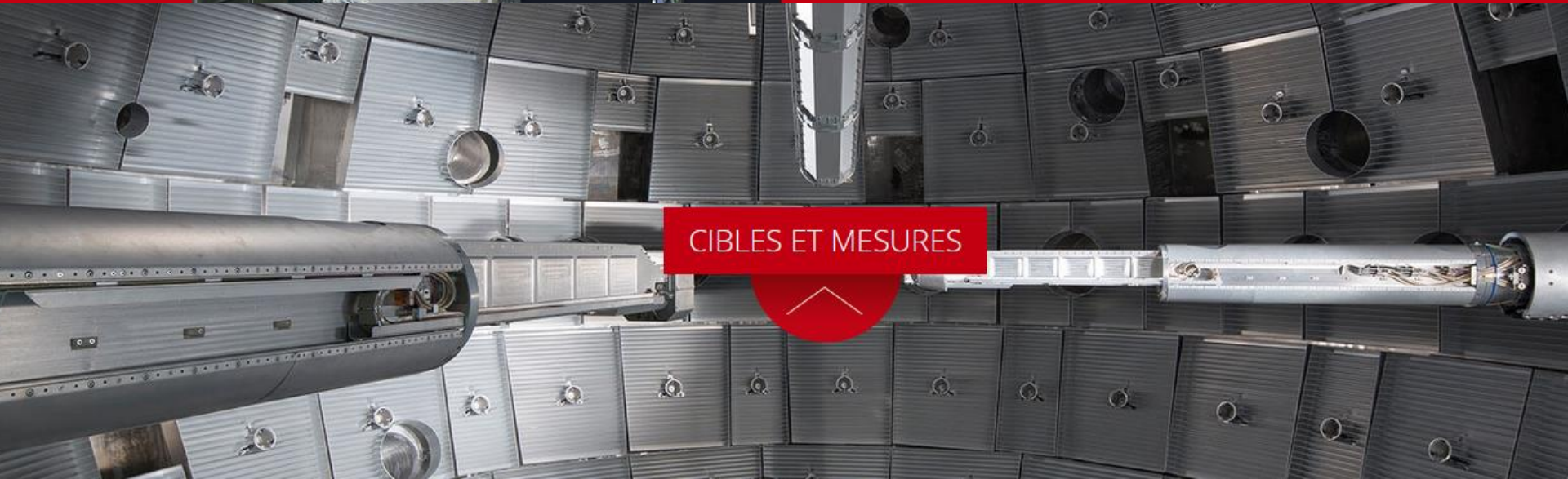
- des températures pouvant atteindre 100 millions de degrés,
- des pressions pouvant atteindre 1 milliard de fois la pression atmosphérique,
- des densités de plusieurs centaines de fois celle du solide.



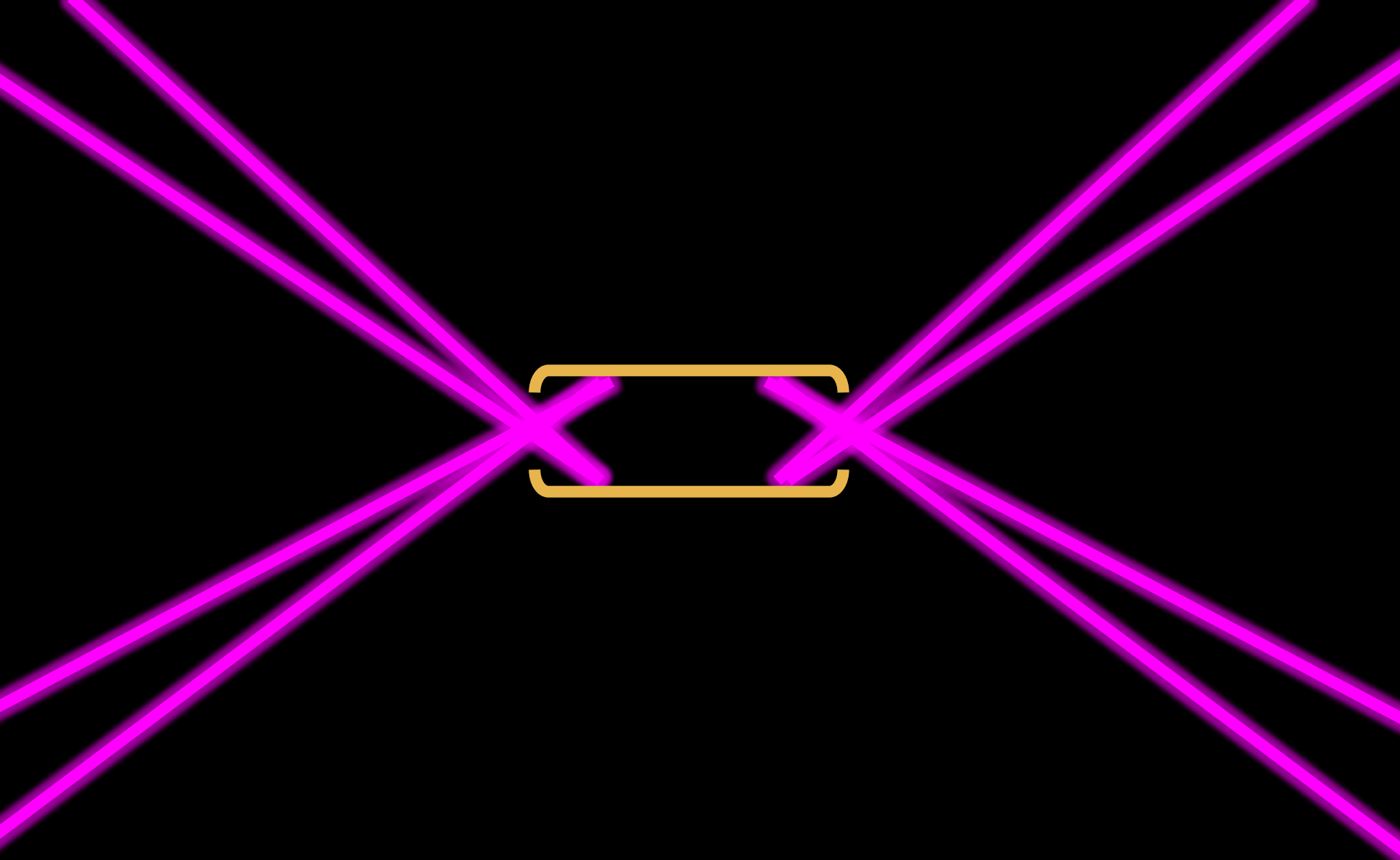
Les mesures

Pour les différentes expériences envisagées, de nombreux paramètres doivent être mesurés pour être comparés à ceux que prédisent les calculs. Par exemple :

- l'énergie laser absorbée par la cible,
- la température atteinte par la cible,
- la pression générée,
- les vitesses d'implosion,
- les rayonnements et particules émises.

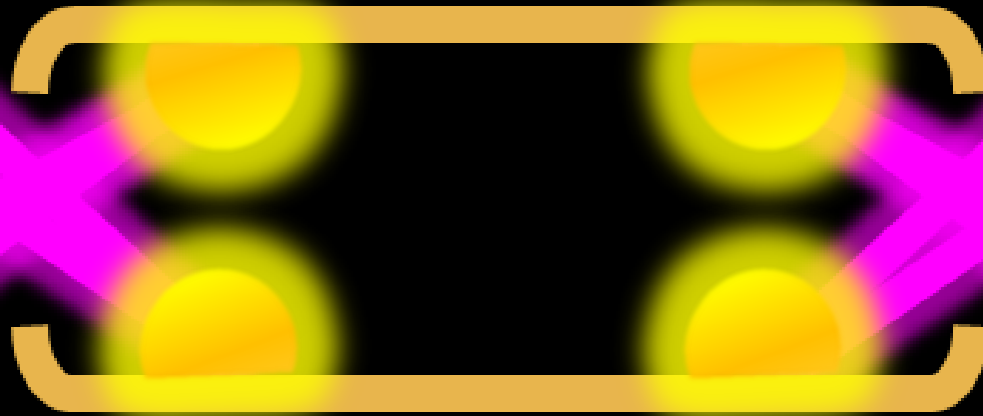


CIBLES ET MESURES

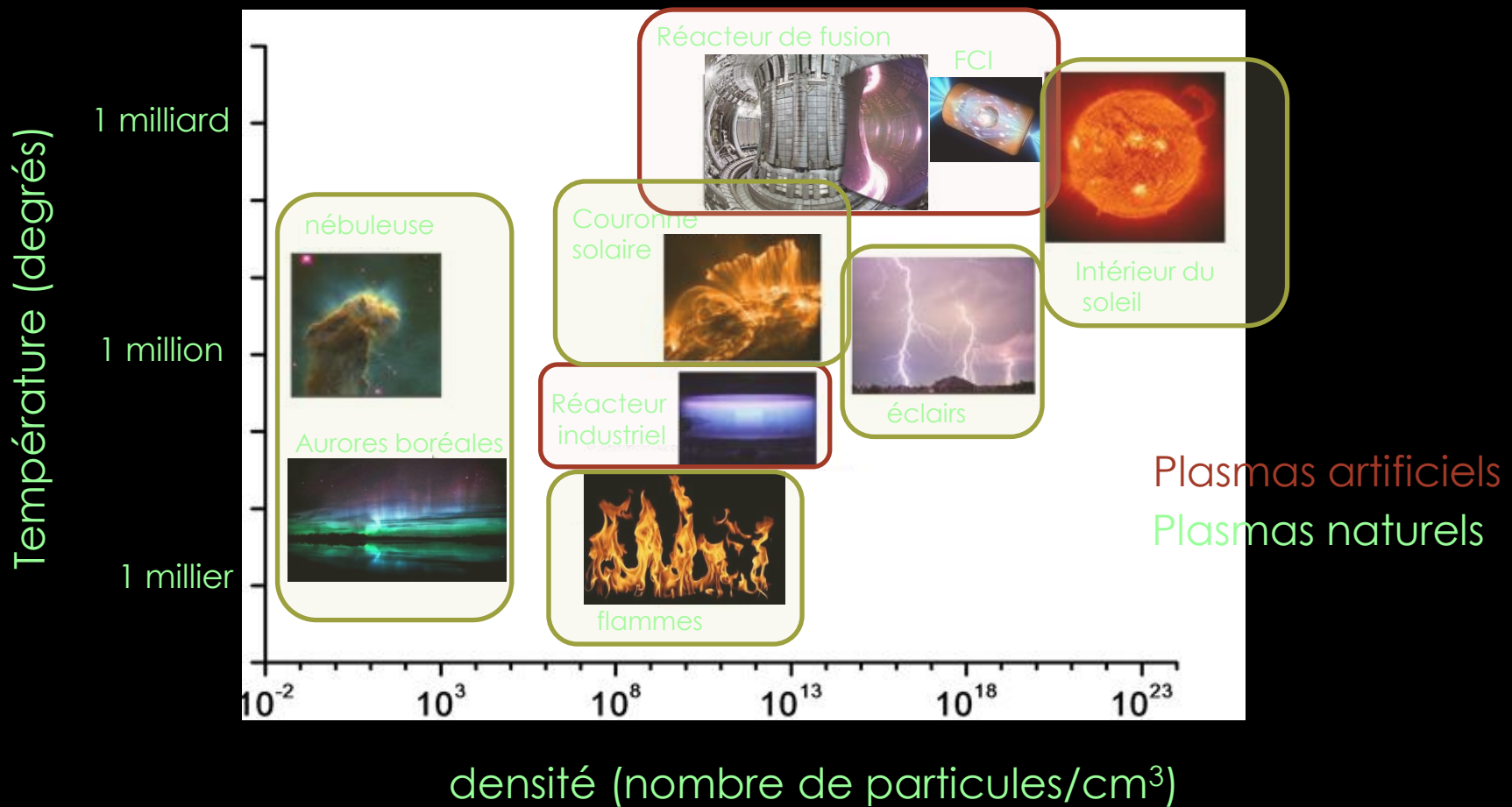


L'expérience LASER permet d'étudier des phénomènes de Physique fondamentale dans des conditions de température et de pression extrêmes.

Le rayonnement X issu de l'interaction des faisceaux Laser avec la paroi de la cavité met en condition l'objet d'étude.

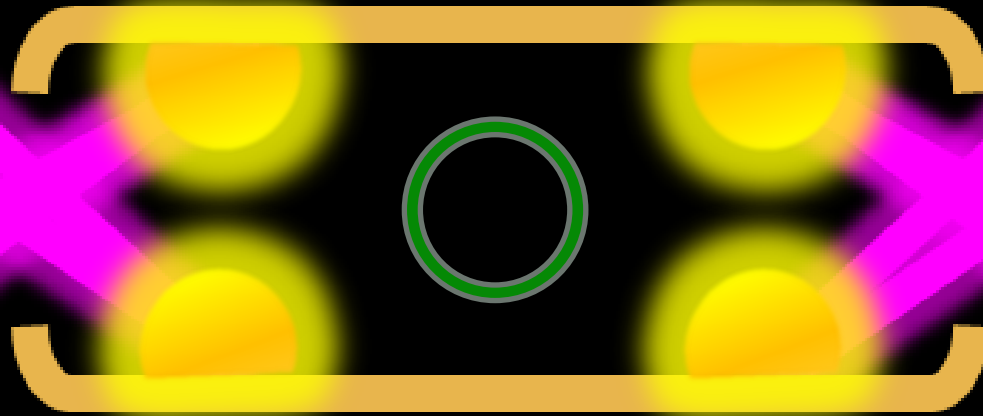


L'expérience LASER permet d'étudier des phénomènes de Physique fondamentale dans des conditions de température et de pression extrêmes.



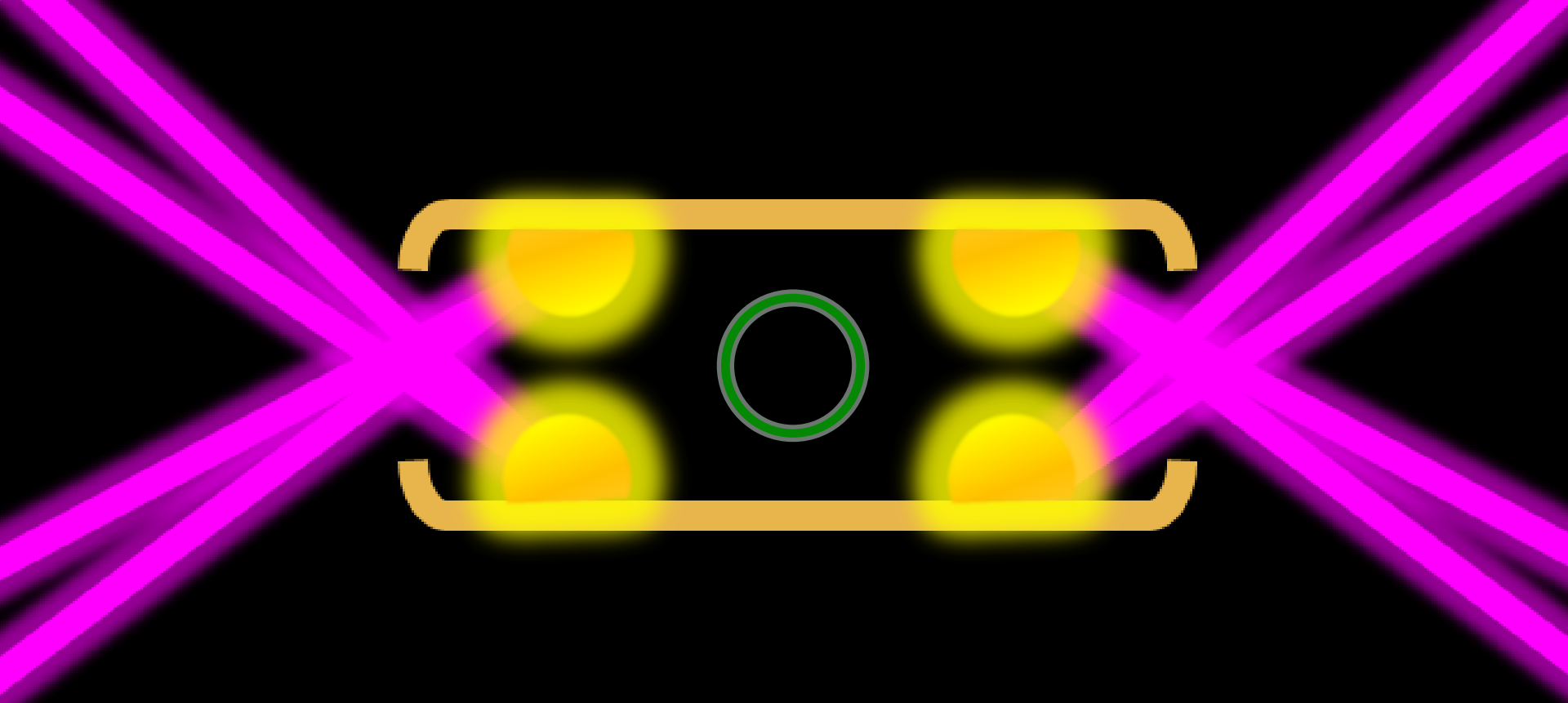
L'expérience LASER permet d'étudier des phénomènes de Physique fondamentale dans des conditions de température et de pression extrêmes.

Le rayonnement X issu de l'interaction des faisceaux Laser avec la paroi de la cavité met en condition l'**objet d'étude**.



Un **microballon rempli de gaz (fusible)** pour des expériences d'implosion (de fusion)

L'expérience LASER permet d'étudier des phénomènes de Physique fondamentale dans des conditions de température et de pression extrêmes.



L'expérience LASER de fusion

La fusion,

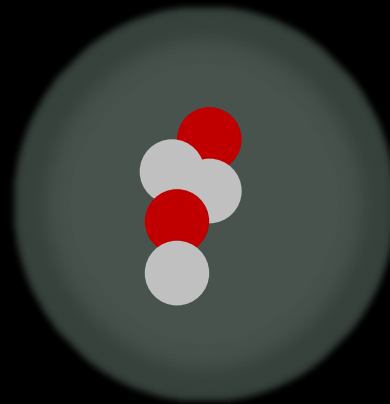
C'est le mariage de noyaux légers (chargés +)



L'expérience LASER de fusion

La fusion,

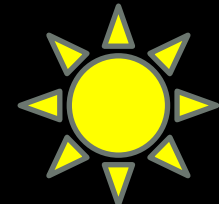
C'est le mariage de noyaux légers (chargés +) qui donne naissance à des noyaux plus lourds et à une très forte libération d'énergie



L'expérience LASER de fusion

La fusion,

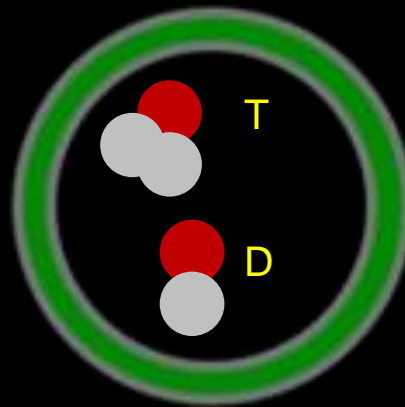
C'est le mariage de noyaux légers (chargés +) qui donne naissance à des noyaux plus lourds et à une très forte libération d'énergie



L'expérience LASER de fusion

La réaction de fusion la plus probable,

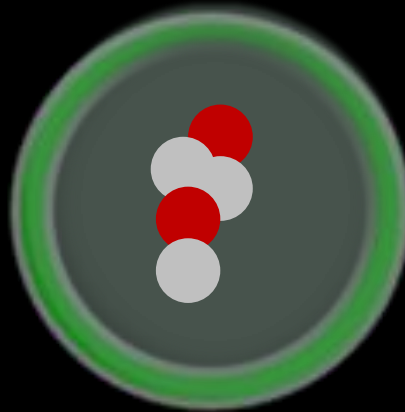
C'est celle impliquant le deutérium D et le tritium T
(isotopes de l'hydrogène H)



L'expérience LASER de fusion

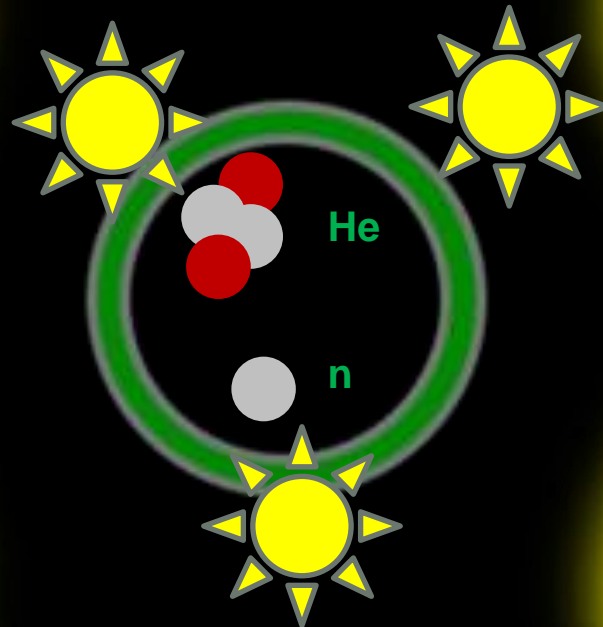
La réaction de fusion la plus probable,

C'est celle impliquant le deutérium D et le tritium T (isotopes de l'hydrogène H) qui va donner naissance à un noyau d'hélium (He) et un neutron (n) en libérant une très forte énergie.

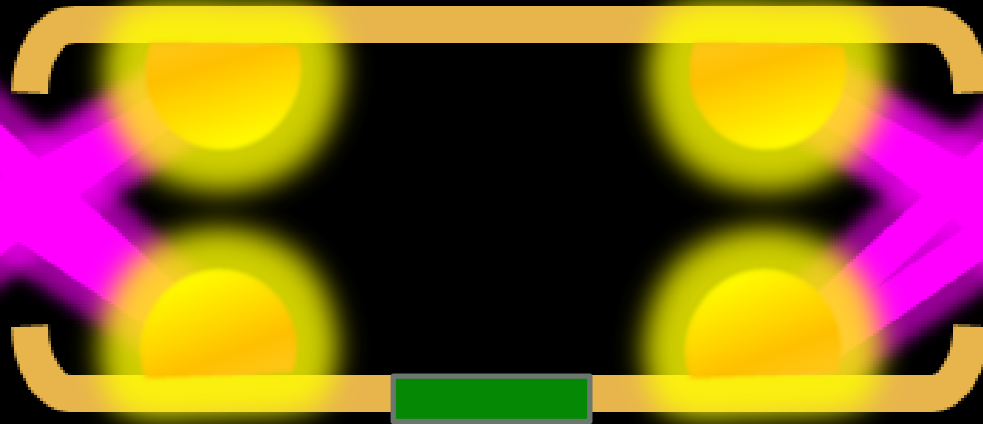


La réaction de fusion la plus probable,

C'est celle impliquant le deutérium D et le tritium T (isotopes de l'hydrogène H) qui va donner naissance à un noyau d'hélium (He) et un neutron (n) en libérant une très forte énergie.



Le rayonnement X issu de l'interaction des faisceaux Laser avec la paroi de la cavité met en condition l'**objet d'étude**.



Un microballon pour des expériences d'implosion

Un **échantillon** pour des expériences de spectroscopie ou d'équation d'état (phénomènes astrophysiques ou état de matière au cœur des planètes)

L'expérience LASER permet d'étudier des phénomènes de Physique fondamentale dans des conditions de température et de pression extrêmes.



Sequana

Bull

La puissance de calcul de TERA 1000 atteint 25 millions de milliards d'opérations par seconde.

Elle repose sur une technologie Bull, très économe en consommation électrique.

Son architecture préfigure les supercalculateurs de la génération 2020, dite « exascale » (le milliard de milliards d'opérations par seconde), que le CEA/DAM développe en co-design avec Atos.

hpc.cea.fr



L'interprétation des mesures issues de l'expérience est réalisée avec des codes de calculs construits sur la base de modèles physiques. Ces calculs très complexes sont menés sur des ordinateurs qui travaillent massivement en parallèle.

L'expérience LASER permet d'étudier des phénomènes de Physique fondamentale dans des conditions de température et de pression extrêmes.



Une démarche scientifique active pour augmenter notre compréhension des phénomènes et garantir la validité des modèles physiques constituant nos codes de calcul

Une communauté de savoirs très importante, des enjeux d'avenir (fusion)



Les 4 forces fondamentales

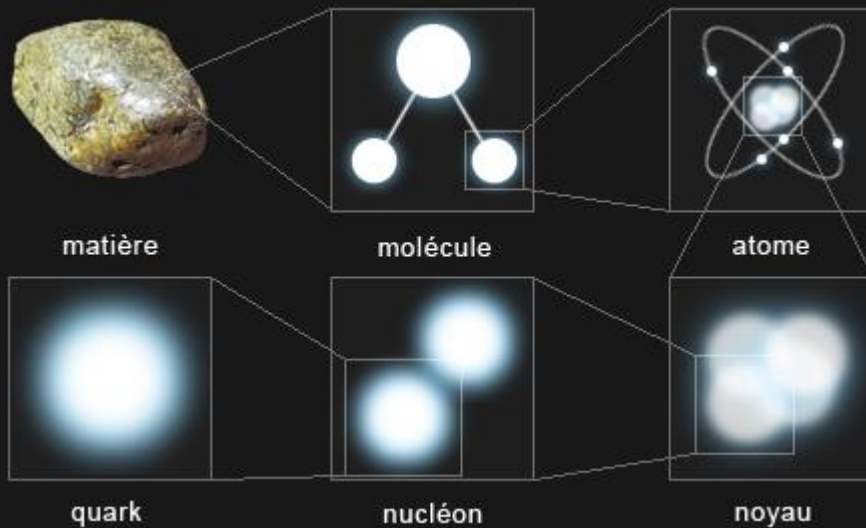
Les quatre forces qui gouvernent l'Univers

LA GRAVITATION
PORTÉE: illimitée
MESSAGE: aucun graviton n'a encore pu être détecté
ACTION: elle colle nos pieds au sol, fait tourner la Lune, les planètes, les galaxies. Elle résulte d'une déformation de l'espace-temps

LA FORCE ÉLECTROMAGNÉTIQUE
PORTÉE: illimitée
MESSAGE: le photon
ACTION: elle attire ou repousse les particules selon leurs charges, constitue la lumière et régit les relations chimiques.

L'INTERACTION FAIBLE
PORTÉE: 10^{-16} m
MESSAGE: les bosons W et Z
ACTION: elle tend à déstabiliser les noyaux en provoquant des désintégrations radioactives.

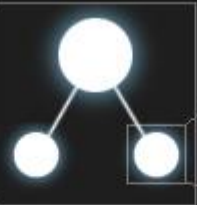
L'INTERACTION FORTE
PORTÉE: 10^{-14} m, soit l'ordre de grandeur de la taille d'un noyau atomique
MESSAGE: le gluon
ACTION: elle lie les quarks, ultimes composants du noyau atomique, assurant la cohésion de la matière.



Le bestiaire des particules



matière



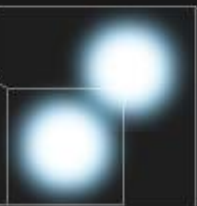
molécule



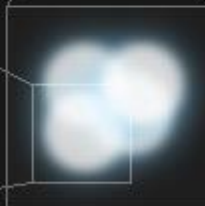
atome



quark



nucléon

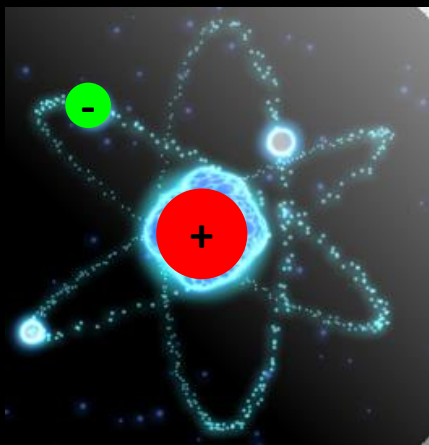
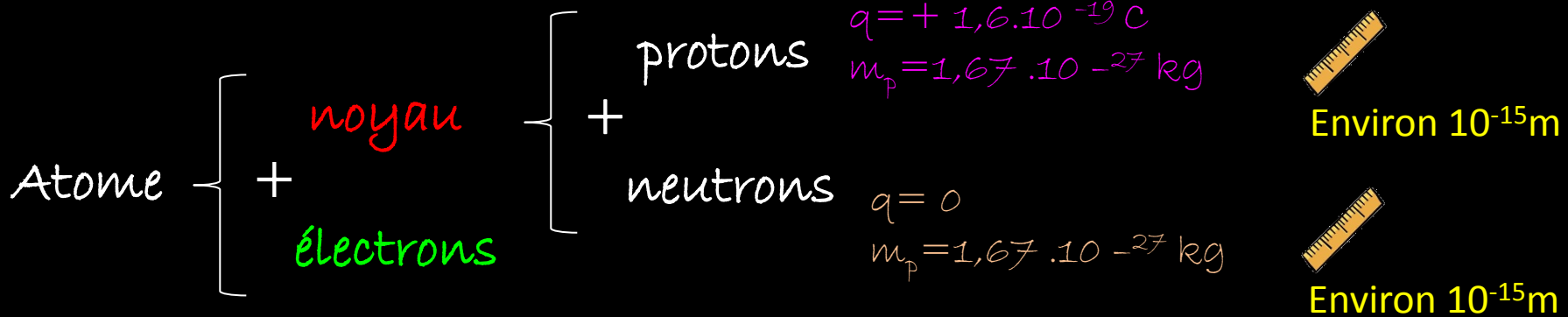


noyau

Le bestiaire des
particules







Environ $10^{-10} \text{ m} = 0,0000000001 \text{ m}$

Les électrons sont caractérisés par une charge électrique, notée $q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
 Et une masse $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$



Environ $10^{-26} \text{ kg} = 0,0000000000000000000000000001 \text{ kg}$

Tableau périodique des éléments

← Groupe	1	2											13	14	15	16	17	18	
← Période	IA	IIA											IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	
1	Hydrogène 1 H 1,007975	← Nom de l'élément (<i>gaz</i> , <i>liquide</i> ou solide à 0°C et 101,3 kPa) ← Numéro atomique ← Symbole chimique ← Masse atomique relative ou [celle de l'isotope le plus stable]																Hélium 2 He 4,002602	
2	Lithium 3 Li 6,9395	Béryllium 4 Be 9,0121831											Bore 5 B 10,8135	Carbone 6 C 12,0106	Azote 7 N 14,006435	Oxygène 8 O 15,99940	Fluor 9 F 18,99840316	Néon 10 Ne 20,1797(6)	
3	Sodium 11 Na 22,98976928	Magnésium 12 Mg 24,3055	3 IIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIII	9 VIII	10 VIII	11 IB	12 IIB	Aluminium 13 Al 26,9815385	Silicium 14 Si 28,085(1)	Phosphore 15 P 30,97376200	Soufre 16 S 32,0675	Chlore 17 Cl 35,45(5)	Argon 18 Ar 39,948(1)	
4	Potassium 19 K 39,0983(1)	Calcium 20 Ca 40,078(4)	Scandium 21 Sc 44,955908(5)	Titane 22 Ti 47,867(1)	Vanadium 23 V 50,9415(1)	Chrome 24 Cr 51,9961(6)	Manganèse 25 Mn 54,938044	Fer 26 Fe 55,845(2)	Cobalt 27 Co 58,933194	Nickel 28 Ni 58,6934(4)	Cuivre 29 Cu 63,546(3)	Zinc 30 Zn 65,38(2)	Gallium 31 Ga 69,723(1)	Germanium 32 Ge 72,630(8)	Arsenic 33 As 74,921595	Sélénium 34 Se 78,971(8)	Brome 35 Br 79,904(3)	Krypton 36 Kr 83,799(2)	
5	Rubidium 37 Rb 85,4678(3)	Strontium 38 Sr 87,62(1)	Yttrium 39 Y 88,90584	Zirconium 40 Zr 91,224(2)	Niobium 41 Nb 92,90637	Molybdène 42 Mo 95,95(1)	Technetium 43 Tc [98]	Ruthénium 44 Ru 101,07(2)	Rhodium 45 Rh 102,90550	Palladium 46 Pd 106,42(1)	Argent 47 Ag 107,8682(2)	Cadmium 48 Cd 112,414(4)	Indium 49 In 114,818(1)	Étain 50 Sn 118,710(7)	Antimoine 51 Sb 121,760(1)	Tellure 52 Te 127,60(3)	Iode 53 I 126,90447	Xénon 54 Xe 131,29(3(6))	
6	Césium 55 Cs 132,905452	Baryum 56 Ba 137,327(7)	Lanthanides 57-71		Hafnium 72 Hf 178,49(2)	Tantale 73 Ta 180,94788	Tungstène 74 W 183,84(1)	Rhénium 75 Re 186,207(1)	Osmium 76 Os 190,23(3)	Iridium 77 Ir 192,227(3)	Platine 78 Pt 195,084(9)	Or 79 Au 196,966569	Mercury 80 Hg 200,592(3)	Thallium 81 Tl 204,3835	Plomb 82 Pb 207,2(1)	Bismuth 83 Bi 208,98040	Polonium 84 Po [209]	Astate 85 At [210]	Radon 86 Rn [222]
7	Francium 87 Fr [223]	Radium 88 Ra [226]	Actinides 89-103		Rutherfordium 104 Rf [267]	Dubnium 105 Db [268]	Seaborgium 106 Sg [269]	Bohrium 107 Bh [270]	Hassium 108 Hs [277]	Méitnium 109 Mt [278]	Darmstadtium 110 Ds [281]	Roentgenium 111 Rg [282]	Copernicium 112 Cn [285]	Nihonium 113 Nh [286]	Flerovium 114 Fl [289]	Moscovium 115 Mc [289]	Livermorium 116 Lv [293]	Tennessee 117 Ts [294]	Oganesson 118 Og [294]
			Lanthane 57 La 138,90547	Cérium 58 Ce 140,116(1)	Praseodyme 59 Pr 140,90766	Neodyme 60 Nd 144,242(3)	Prométhium 61 Pm [145]	Samarium 62 Sm 150,36(2)	Europium 63 Eu 151,964(1)	Gadolinium 64 Gd 157,25(3)	Terbium 65 Tb 158,92525	Dysprosium 66 Dy 162,500(1)	Holmium 67 Ho 164,93033	Erbium 68 Er 167,259(3)	Thulium 69 Tm 168,93422	Ytterbium 70 Yb 173,045	Lutécium 71 Lu 174,9668		
			Actinium 89 Ac [227]	Thorium 90 Th 232,0377	Protactinium 91 Pa 231,03688	Uranium 92 U 238,02891	Neptunium 93 Np [237]	Plutonium 94 Pu [244]	Americium 95 Am [243]	Curium 96 Cm [247]	Berkélium 97 Bk [247]	Californium 98 Cf [251]	Einsteinium 99 Es [252]	Fermium 100 Fm [257]	Mendelevium 101 Md [258]	Nobelium 102 No [259]	Lawrencium 103 Lr [266]		

Métaux alcalins	Alcalino-terreux	Lanthanides	Actinides	Métaux de transition	Métaux pauvres	Métalloïdes	Non-métaux	Halogènes	Gaz nobles	Non classés	Primordial	Desintégration d'autres éléments	Synthétique
-------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------

