

MIRACLE de VIE

Chapitre 2 Comment ?

SOMMAIRE

1 Les prothèses du micromonde p2

- Microscopie photonique p4
- Microscopie électronique p5
 - Microscopie à transmission p6
 - Microscopie à balayage p8
- Chambre à bulles et Antimatière p 8
- L'Accélérateur de particules p 10
- La caméra à positrons p 15
- La radiographie antiprotonique p 17
- Le microscope à force atomique p17

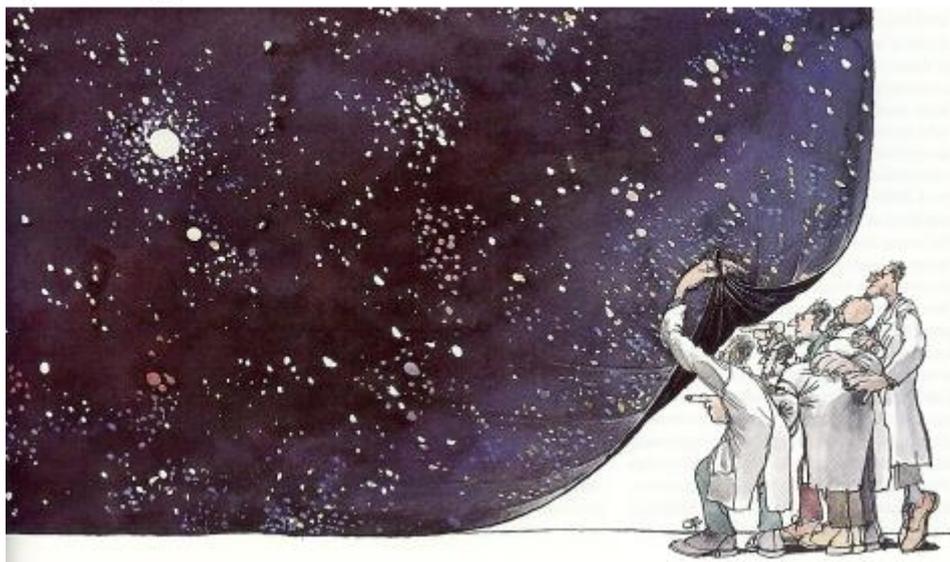
2 Les prothèses du macromonde p 18

- Les télescopes terrestres p18
 - Arecibo p 18
 - Le Very Large Array Telescope p 19
- Le télescope spatial p20
 - Hubble p 20
 - Le Télescope James Web p 21

CONCLUSIONS p25

I Les prothèses du micromonde

La curiosité de l'être humain est proverbiale, ses découvertes technologiques pourraient le conduire vers plus d'empathie envers ses semblables, mais il ne suffit pas de soulever le tapis de l'Univers pour justifier son existence et il ne suffit pas de découvrir pour tout comprendre. Sans philosophes et sans poètes l'humanité ne survivra pas à l'emprise des technocrates !



Toute découverte fondamentale doit être murement réfléchi avant d'être appliquée aux sociétés. Le Principe de précaution impose qu'il est souvent urgent d'attendre et de faire preuve de sagesse.

L'homme est l'animal le moins bien pourvu en matière de sens : il voit, entend et sent moins bien que la plupart des animaux, mais il compense toutes ses infériorités par sa conscience et le langage des mots qui lui permettent de mémoriser et de développer son intelligence. C'est ainsi que ses prouesses technologiques, grâce à des prothèses aux pouvoirs hallucinants, lui ont permis de corriger sa myopie et de voir plus loin et donc plus tôt, mais aussi de pénétrer au cœur d'une matière inattendue, imprévisible et apparemment incompréhensible !

Dans cet article nous allons décrire quelques-unes de ces techniques qui nous ont permis de découvrir quelques secrets fondamentaux de la matière et de la Vie.

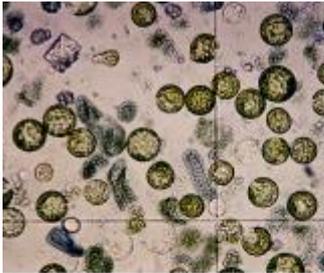
Le tableau ci-dessous donne une idée approximative mais saisissante de la compartimentation des grandeurs au sein de notre Univers :

MACRO					MICRO							
					↔							
					😊							
					visible							
Parsec <i>3,26 AL</i>	AL	UA	Km	m	cm	mm	μm	nm	Å°	10^{-33} cm		
	63 240 UA									limite de Planck		
										10-10m		
<i>quasars</i>	<i>Terre/soleil</i>				<i>Homme</i>	<i>cellule</i>	<i>Atome</i>			<i>Fluctuation quantique</i>		
<i>Télescopes</i>					<i>œil</i>	<i>Microscopes</i>	<i>Accélérateurs</i>					
<i>Forces gravitationnelles</i>											<i>Interaction forte</i>	

1 UA = 149 millions de km
 1al = 63 240 UA
 1 Å° = 10⁻¹⁰ m

Ci-dessous, trois technologies fondamentales : la microscopie photonique, la microscopie électronique et le grand accélérateur de particules :

LES PROTHESES du MICROMONDE

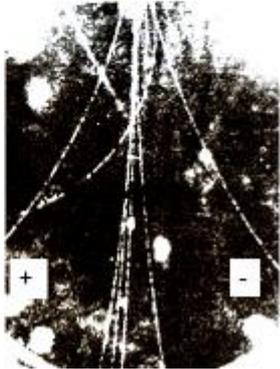


Microscopie photonique
Micron: 1/millionième de m



Microscopie électronique
Nm : 1/milliardième de m

Accélérateur de particules
10 -18 m
(électron/positron)



La microscopie photonique

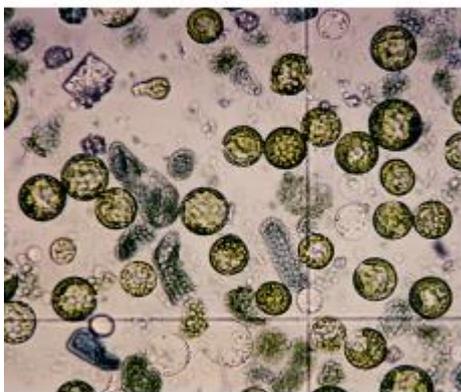
Le microscope optique, ou microscope photonique, est muni d'un objectif et d'un oculaire qui permettent de grossir l'image d'un objet de petites dimensions et de séparer les détails de cette image (pouvoir de résolution) afin qu'il soit observable par l'œil humain. Il est utilisé en biologie pour observer les cellules, les tissus, en pétrographie pour reconnaître les roches, en métallurgie et en métallographie pour examiner la structure d'un métal ou d'un alliage.

Il possède :

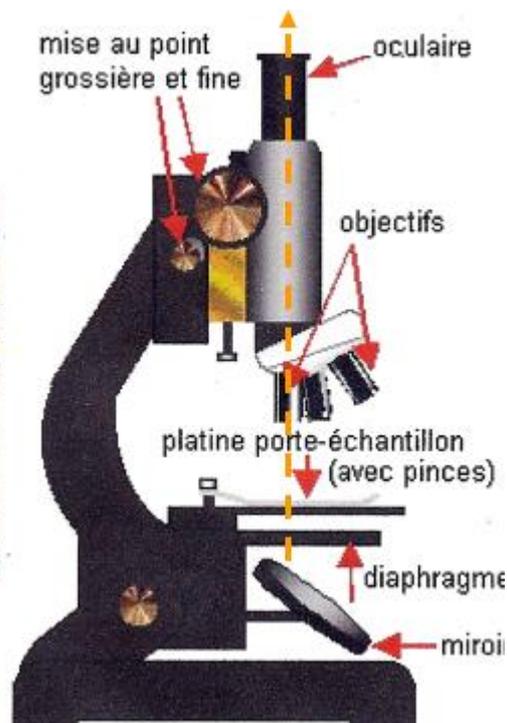
Un miroir qui sert à réfléchir la lumière pour éclairer l'échantillon par en dessous, dans le cas d'un échantillon transparent (par exemple une lame mince en biologie ou en géologie, ou un liquide) ;

Une source de lumière artificielle qui, grâce à un condenseur, permet à cette lumière de remplir d'une façon homogène et régulière le champ observé. La source d'éclairage peut être plus élaborée et comporter un boîtier indépendant, éventuellement en lumière polarisée ou ultraviolet, pour faire ressortir certaines propriétés chimiques de la matière, ou éclairer l'échantillon par-dessus (notamment en métallurgie),

Energie photonique
Kcal



Protoplastes feuilles de piment
Philippe et Claude Coulomb, Claude Pollan



Microscope photonique

Un diaphragme : c'est une ouverture de diamètre variable permettant de restreindre la quantité de lumière qui éclaire l'échantillon. Comme pour un appareil photo, le diaphragme permet principalement de faire varier la profondeur de champ (ouvert à fond pour des coupes histologiques et plus fermé pour des recherches d'œufs de parasites digestifs) par exemple.

Une platine porte-échantillon : où l'on pose l'échantillon. La platine peut être mobile (gauche-droite et avant-arrière), ce qui permet de balayer l'échantillon et de sélectionner la partie observée ;

Des objectifs : une lentille ou un ensemble de lentilles réalisant le grossissement. Il y a en général plusieurs objectifs, correspondant à plusieurs grossissements, montés sur un barillet. Certains objectifs sont dits à immersion car leur puissance ne peut être atteinte qu'en éliminant l'air entre l'échantillon couvert par la lamelle et l'objectif. On utilise pour cela de l'huile de cèdre ou des huiles de synthèse dont l'indice de réfraction est proche de celui du verre ;

Une mise au point rapide et micrométrique ; pour que l'image soit nette, il faut que l'objet soit dans le plan focal de l'objectif ; ces molettes font monter et descendre l'ensemble objectif-oculaire avec un système de crémaillère, afin d'amener le plan focal sur la zone de l'échantillon à observer ;

Un oculaire : lentille ou ensemble de lentilles formant l'image d'une manière reposante pour l'œil ; les rayons arrivent parallèles, comme s'ils venaient de très loin, ce qui permet un relâchement des muscles contrôlant le cristallin ; deux oculaires placés sur une tête dite binoculaire rend plus confortable l'observation (même si elle n'apporte pas de vision stéréoscopique).

Un appareil photographique, ou — dans le cas de la vidéomicroscopie — par une caméra vidéo ou une caméra CCD pour faire une acquisition numérique. Ceci permet de faire l'observation sur un moniteur vidéo (écran de type télévision) et de faciliter l'utilisation et le traitement des images (impression, traitement informatique, télémedecine, etc.).

Le Microscope électronique

Le microscope électronique utilise un faisceau d'électrons pour illuminer un échantillon et en créer une image très agrandie.

Il peut obtenir des grossissements très élevés allant jusqu'à 2 millions de fois, alors que les meilleurs microscopes optiques sont limités à un grossissement de 2 000 fois.

Le microscope électronique utilise des lentilles électrostatiques et électromagnétiques pour former l'image en contrôlant le faisceau d'électrons et pour le faire converger sur un plan particulier par rapport à l'échantillon. Le principe est similaire à celui du microscope optique qui utilise des lentilles en verre pour focaliser la lumière sur ou au travers de l'échantillon pour former une image. On distingue :

- **1 Le microscope électronique à transmission (MET)** qui utilise un filament de tungstène comme cathode source d'électrons. Grâce à lui et malgré l'observation d'échantillons morts nécessaires à l'observation dans le vide, la Vie apparaît sous ses formes les plus subtiles d'une complexité inouïe !!!

Un faisceau d'électrons est accéléré par une anode en général à 100 keV par rapport à la cathode, concentré par des lentilles électrostatiques et électromagnétiques, et transmis sur la cible qui est en partie transparente¹ pour les électrons et en partie les disperse. Quand il ressort de l'échantillon, le faisceau d'électrons comporte des informations sur sa structure qui sont amplifiées par le système de lentilles de l'objectif du microscope. L'«image» est vue par projection de l'image électronique agrandie sur un scintillateur, tels que le sulfure de zinc ou le phosphore. Elle peut être enregistrée photographiquement par l'exposition d'un film ou une plaque photographique directement sur le faisceau d'électrons ou une plaque phosphorée à haute résolution, peut être couplée au moyen d'un système optique ou d'une fibre optique vers le capteur d'une caméra. L'image détectée par le CCD peut être affichée sur un moniteur ou dirigée vers un ordinateur.

La résolution est limitée essentiellement par l'aberration sphérique, mais une nouvelle génération de correcteurs sphériques augmente celle-ci. Le logiciel de correction de l'aberration sphérique pour le MET à haute résolution (HRTEM) a permis la production d'images avec une résolution suffisante pour montrer les atomes de carbone dans des diamants, séparés par seulement 0,89 ångström (89 picomètres) et les atomes de silicium à 0,78 ångström (78 picomètres) au grossissement de 50 millions de fois. La capacité à déterminer la position des atomes dans des matériaux a fait de la HRTEM un outil important pour la recherche et de développement dans la nanotechnologie.

¹ Coupes ultrafines de tissus morts, car fixés et inclus dans une résine, réalisées à l'aide d'un ultra microtome.

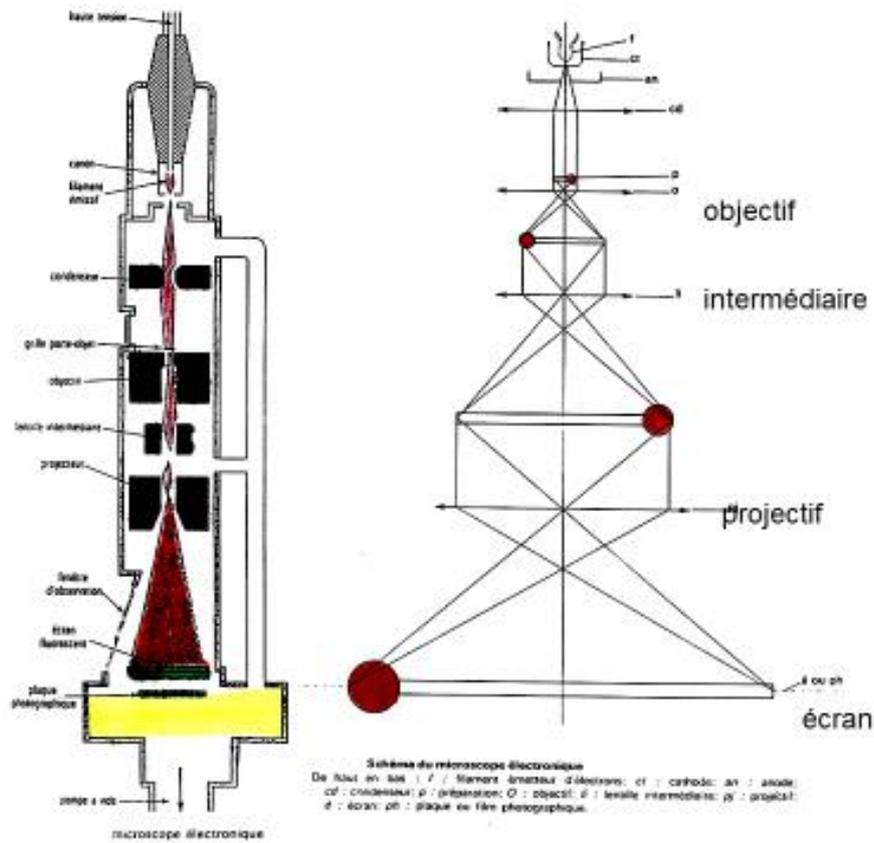


Schéma d'un microscope électronique à transmission.

Energie électronique
 75 kv à 1 Million volts



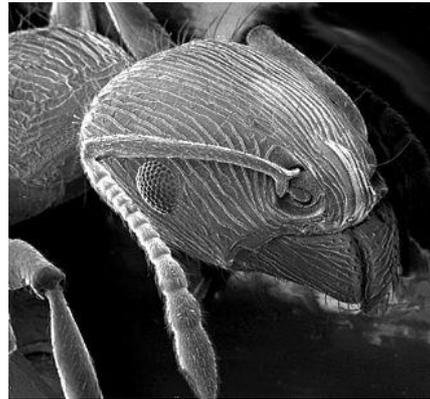
Ci-dessus, Claude Coulomb (CNRS) au pupitre d'un microscope électronique Hitachi (Université d'Avignon). À gauche, micrographie d'un protoplaste², renfermant des chloroplastes, obtenue par celle-ci.

² Cellules végétales sans paroi, obtenues expérimentalement par digestion de la paroi pectocellulosique.

- **Le Microscope à balayage.**



Microscope à balayage



Tête de fourmi vue en balayage

La résolution de l'image d'un microscope à balayage est plus faible que celle d'un MET. Toutefois, parce que l'image repose sur un balayage de surface plutôt que sur la transmission, il est en mesure de livrer des images d'objets de plusieurs centimètres avec une grande profondeur de champ, L'image est obtenue séquentiellement point par point en déplaçant le faisceau d'électrons primaires sur la surface de l'échantillon. Elle est alors reconstruite en utilisant le signal généré par les différents détecteurs pour moduler la brillance d'un tube cathodique.

La Chambre à bulles et l'Antimatière

Le mathématicien Paul DIRAC avait démontré que la Nature exige une symétrie, chaque fois qu'on produit de la matière dotée de charge électrique à partir d'énergie. En étudiant l'équation relativiste de l'électron qui détermine ses propriétés, lorsque sa vitesse approche celle de la lumière, il envisagea pour celui-ci deux types d'énergies possibles : l'une positive, l'autre négative. Résultat a priori aberrant si l'on se réfère à NEWTON pour lequel seule l'énergie positive a une signification. Dirac reprit donc ses calculs et parvint au même résultat. Le monde scientifique accueillit ce résultat avec une grande réserve.

Dirac pensa, suivant le principe de symétrie, qu'un monde miroir devait exister, un monde d'antimatière...

Ignorant les calculs de Dirac, en 1932, ANDERSON construisit une **chambre à bulles** susceptible de détecter de nouvelles particules émanant du cosmos. Il remarqua que certaines traces ressemblaient à celles faites par les électrons,

mais le champ magnétique les avait courbées dans la direction opposée : il venait de visualiser la production de **paires électron-antiélectron**.

En fait, cette expérience de laboratoire est réalisée continuellement dans la Nature. Les rayons cosmiques sont pour la plupart constitués d'atomes d'hydrogène, c'est-à-dire de protons, qui bombardent la haute atmosphère terrestre dont ils brisent les atomes en produisant des rayons gamma et des rayons X qui à leur tour frappent les molécules des couches atmosphériques inférieures, libérant une cascade de particules de haute énergie (15 millions d'électronvolts) que l'on peut détecter. Ces rayons cosmiques très énergétiques créent des paires de particules: électron-antiélectron. Ce dernier, appelé positron, est difficile à détecter car il se combine instantanément avec le premier électron rencontré.

Une chambre à bulles est un détecteur de particules qui est formé d'une cuve contenant de l'hydrogène liquide. La chambre étant généralement placée dans un champ magnétique important, la trajectoire de la particule est courbée. Son passage dans cette cuve se traduit par la formation le long de sa trajectoire de bulles, qui peuvent ensuite être photographiées. Les caractéristiques de la trajectoire (courbure, densité des bulles, épaisseur de la trajectoire) permettent ensuite de déduire la masse et la charge de la particule.

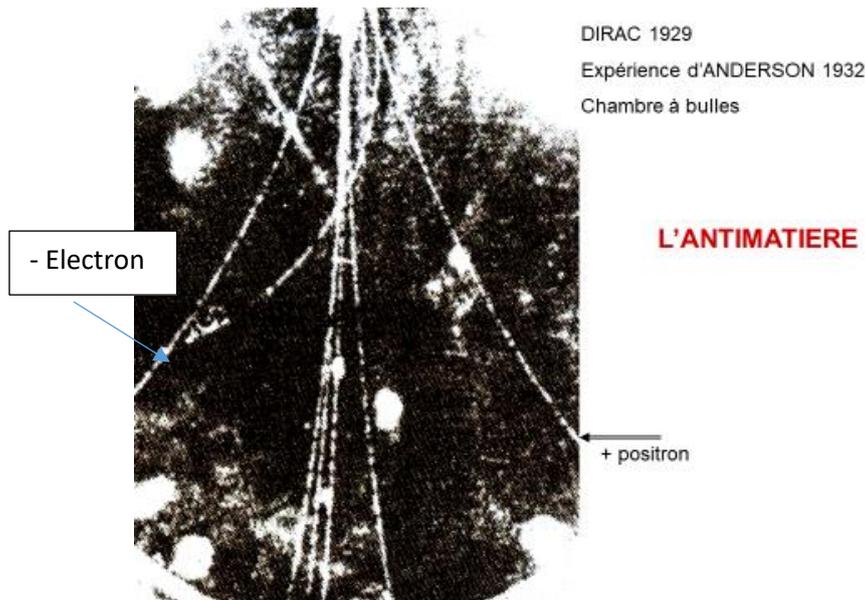
La chambre à bulle fut inventée par le prix Nobel de physique Donald Arthur Glaser en 1960.

L'Antimatière.

Quelle apparence aurait un monde d'antimatière ?

Il serait tout à fait semblable au nôtre avec une anti-Terre, des anti arbres, des anti insectes, des anti fleurs, de anti hommes ...Avec une différence de taille : si un anti homme s'approchait d'une femme pour l'embrasser : au moment du contact les deux amoureux se désintégreraient dans un bouquet de rayons gammas !

En effet, l'antimatière est une forme "miroir" de la matière. Elle a donc, nous l'avons vu plus haut, été prédite en 1929 par Paul Dirac en cherchant à résoudre mathématiquement une forme relativiste pour l'équation de Schrödinger des électrons. Son existence fut ensuite confirmée ; expérimentalement par Anderson en 1932 en utilisant une chambre à bulles.



***Photographie de la détection de l'antimatière (positron +)
Dans une chambre à bulle.***

L'accélérateur de particules

Le Fermilab, aux États Unis, a construit un Tevatron, accélérateur conçu pour produire des protons avec une énergie de un million de millions d'électronvolts. Les Américains envisagèrent ensuite un accélérateur surpuissant : le super collisionneur supraconducteur (SSC) de quatre-vingts kilomètres de circonférence qui aurait été capable de produire des énergies vingt fois plus grandes que celles du Tevatron, mais le congrès américain a renoncé à son financement, beaucoup trop coûteux!

C'est maintenant le CERN européen qui a le privilège de relever le défi en construisant le "Large Hadron Collider"(LHC). Plus économique, cet accélérateur utilise un tunnel de seulement vingt-sept kilomètres, mais il fera appel à une technologie de pointe : celle des aimants supraconducteurs à haut champ.

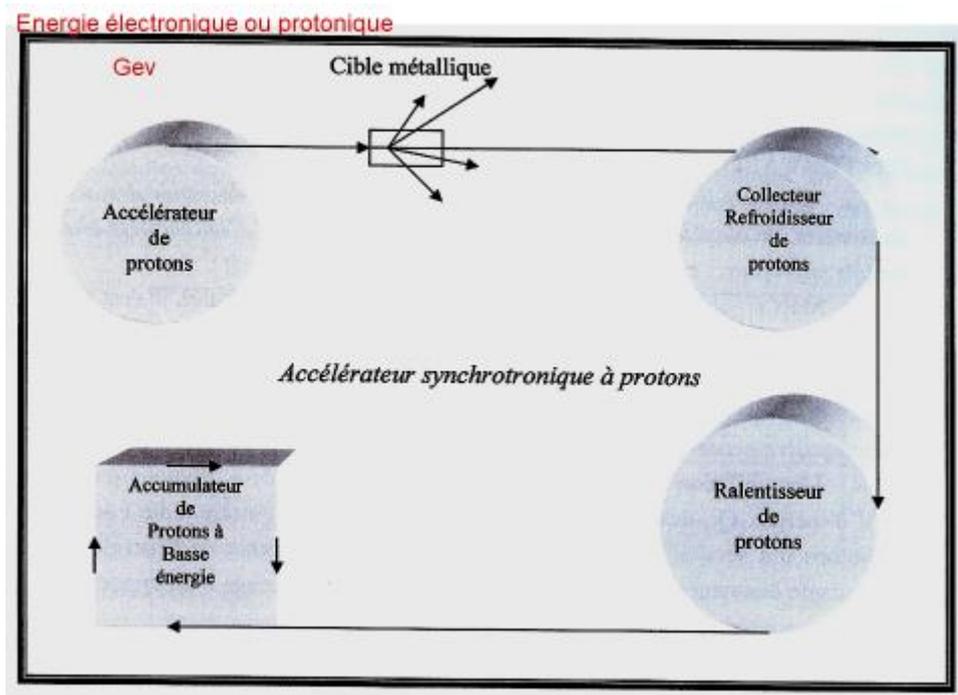


Schéma d'un accélérateur

La manipulation consiste à faire entrer en collision une particule de haute énergie contre une autre : un proton contre un autre proton. Un proton a une masse-énergie d'environ 938 MeV. Il faudra expérimentalement 6 GeV d'énergie pour produire un seul antiproton (antimatière)

Un accélérateur synchrotronique à protons confère à des protons-projectiles une haute énergie, les projette contre une cible métallique où ils heurtent les noyaux du métal. Leur énergie est libérée sous la forme d'une petite boule de feu avec création d'un jet divergent d'antiprotons. Une lentille magnétique courbe leur trajectoire : 10 à 30 % peuvent ainsi être focalisés à l'intérieur d'un long tube dans lequel le vide a été fait. Deux aimants collectent et ralentissent les protons qui sont ensuite stockés dans un accumulateur à basse énergie.

Le pourquoi d'une telle course dans la construction d'appareils capables de produire des énergies aussi monstrueuses n'est pas évident pour le profane et, sans doute les chercheurs n'apprécient-ils pas tout de suite toutes les possibilités de leurs propres découvertes. Il est cependant effarant de constater que l'homme, qui ne possède aucune énergie physique par rapport à celles colossales que l'on peut trouver dans l'Univers, est capable, grâce à son esprit, de créer des accélérateurs susceptibles de produire une énergie (créant de la matière et de l'antimatière) qui n'a existé que quelques instants après le Big Bang. Plus les énergies maîtrisées seront fortes, plus nous pénétrerons loin dans les Univers

subatomiques, plus nous remonterons le temps et l'espace à la quête de nos origines et de celle de la Vie. Chaque fois que les physiciens découvrent de nouvelles particules la symétrie impose les antiparticules correspondantes: électron-positron, proton-antiproton, neutron-antineutron, neutrino-antineutrino, meson-antimeson, quark-antiquark...

Pour FORWARD et DAVIS :

"Il n'y a pas de raison pour qu'il n'y ait pas d'atomes, de molécules, d'astéroïdes, de comètes, de planètes, d'étoiles et de galaxies d'antimatière! L'antimatière obéit à toutes les lois physiques... et réagit identiquement à l'action de la gravité..."

Mais si, comme nous le verrons plus loin, lors du Big Bang, il s'est formé autant de matière que d'antimatière, qu'est donc devenue cette dernière et, encore une fois, pourquoi cette asymétrie apparente?

L'Antimatière existe-t-elle dans notre monde de Matière?

L'annihilation de la paire électron-positron libère deux photons gamma de 511 KeV d'énergie. Or, des détecteurs ont localisé, au centre de notre Voie Lactée, de telles émissions qui seraient produites par des positroniums libérant de l'énergie gamma. Ce mécanisme étonnant pourrait trouver sa source dans le voisinage d'un important trou noir. L'Univers posséderait donc sa propre usine à antimatière.

L'antiélectron a au moins deux origines :

- l'une résulte du bombardement des couches de la haute atmosphère,
- l'autre d'une émission continue à partir de trous noirs. Selon HAWKING, un micro trou noir de la taille d'un proton, ayant une masse d'un milliard de tonnes, aurait une température de 120 milliards de degrés Kelvin et serait capable de créer des paires électrons-positrons ainsi que des photons, des neutrinos et des gravitons.

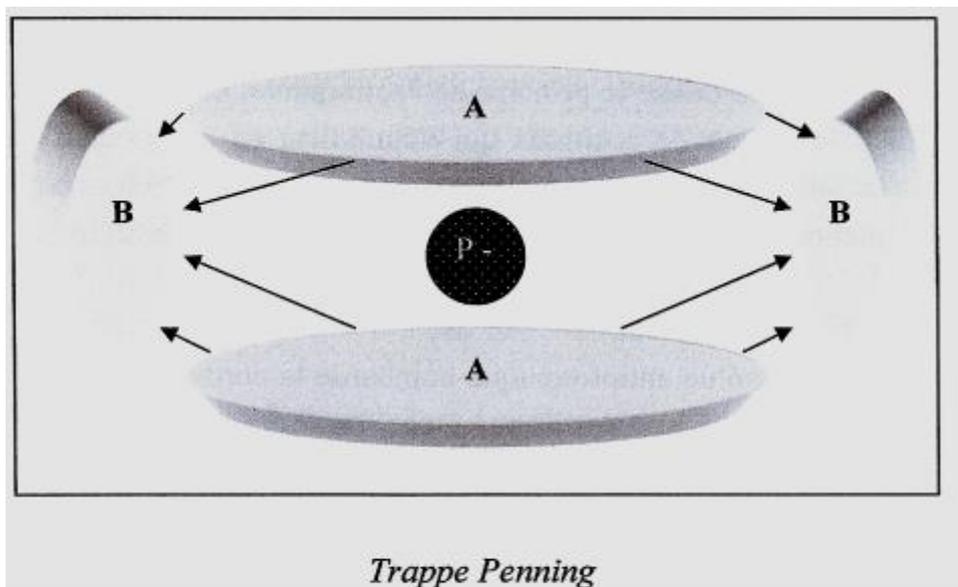
Il n'a cependant pas été possible de détecter l'existence de source naturelle d'antiprotons et fort heureusement car ils ne pourraient provenir que d'une antiétoile!

Où donc se cache l'antimatière? Au sein même de la matière?

Les Applications de l'Antimatière

Toujours selon FORWARD et DAVIS, la production industrielle d'Antimatière, dans le cadre de nos conceptions technologiques serait ruineuse pour l'humanité : un milligramme d'antimatière coûterait dix millions de dollars! Et pourtant les chercheurs ont dans leurs tiroirs un projet d'usines assemblant antiprotons et positrons en atomes d'Antimatière. Produire l'Antimatière constitue un exploit mais la stocker relève également d'un exploit. Des bouteilles de stockage ont été conçues en utilisant la technique de la lévitation magnétique passive. Cela consiste à maintenir par exemple, dans le vide, une boule de glace d'antihydrogène entre deux plaques électriques chargées.

Trappe Penning



Une trappe Penning est un montage qui permet de capturer et de conserver des antiprotons (P-) ou de l'antihydrogène à l'aide de champs électriques et magnétiques statiques (A et B).

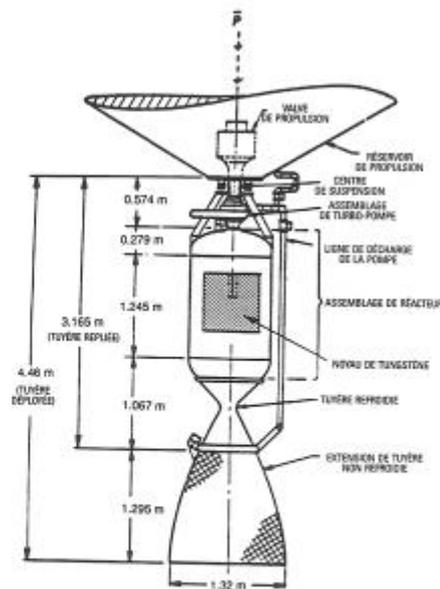
La Fusée Antimatière.

Ainsi créée et stockée dans une fusée, l'antimatière pourrait produire les gigawatts nécessaires à des voyages ultra rapides, et de longue durée, dans l'espace.

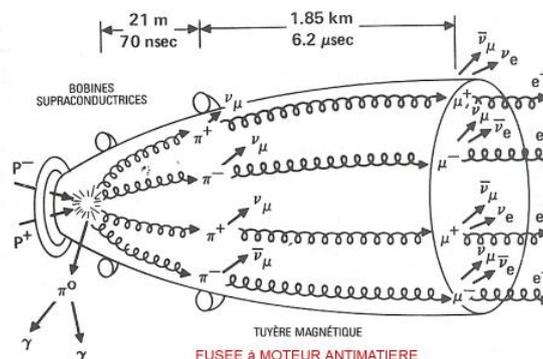
Dans une telle fusée, 10 milligrammes d'antimatière équivalent à 200 tonnes de carburant liquide: d'où un gain de poids plus qu'appréciable.

La fusée antimatière: rêve ou réalité? La science dépasse-t-elle la fiction? FORWARD et DAVIS affirment que cela est réalisable.

Le problème des fusées actuelles est que plus une fusée emporte avec elle du carburant, plus elle a besoin de carburant pour le transporter. Bilan, plus on veut aller loin, plus la quantité de carburant devient importante et plus la charge utile devient ridicule.



FUSEE à MOTEUR ANTIMATIÈRE (NASA)



FUSEE à MOTEUR ANTIMATIÈRE

Avec la fusée antimatière, l'énergie provenant de l'annihilation est utilisée pour chauffer du combustible (H₂, CH₄...) lequel produit un gaz brûlant qui sert de

propulseur. C'est ainsi que 39 heures suffiraient pour aller sur Mars alors qu'il faut 6 mois avec les fusées actuelles. Mieux, une fusée pesant 5 tonnes environ avec 4 tonnes de combustible, 18 kg d'antimatière et 1 tonne de charge utile atteindrait 0,1 C, soit 10% de la vitesse de la lumière, et rallierait l'étoile la plus proche, Alpha du Centaure, distante de 4,3 années-lumière, en 43 ans contre 156 000 ans avec les fusées de la fin du vingtième siècle!

En fait cette prodigieuse récupération de l'énergie, grâce à l'antimatière, aura de multiples applications pacifiques: outre la conquête de l'espace, on envisage déjà maintes applications en Médecine.

D'autres applications sont inévitablement moins pacifiques :

La bombe à antimatière:

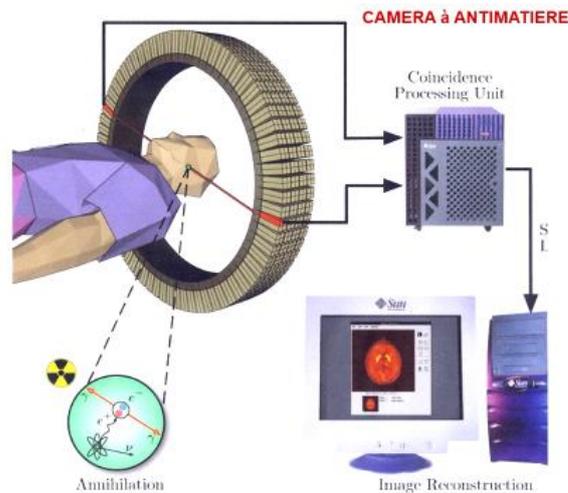
- 1 gramme d'antimatière libérerait autant d'énergie que la bombe d'Hiroshima! Mais, compte tenu du coût du projet et l'importante réserve de bombes atomiques, cette bombe n'est probablement pas pour demain.
- Les armes à faisceaux de particules neutres. Un flux de particules neutres dont la vitesse atteindrait la moitié de la vitesse de la lumière soit, 150 000 km/sec, permettrait, avec seulement quelques nanogrammes d'antimatière, de détruire n'importe quel missile avec un rendement de 100% : c'est ce que l'on a baptisé la guerre des étoiles, la poésie en moins!

La caméra à positrons.

Cette caméra utilise le principe de l'antimatière; on injecte à un malade un produit radioactif β^+ - émetteur de positrons qui s'annihilent en rencontrant des électrons. Deux photons gamma vont alors être émis, mais en sens contraire; ils seront captés et analysés par deux compteurs, diamétralement opposés, qui donneront un effet tomographique du tissu étudié.

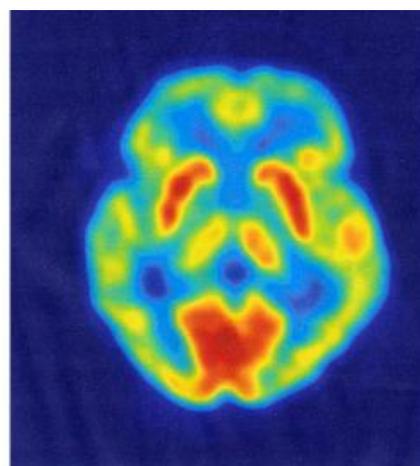
La tomographie par émission de positons (PET scan) permet de réaliser des images des tumeurs cancéreuses. On injecte dans le corps du malade un produit radioactif qui va se fixer sur les tumeurs.

Le traceur le plus fréquemment utilisé lors d'un PET Scan est un sucre fluoré (le 18F-FDG fluorodesoxyglucose marqué au fluor 18 radioactif) dont la durée de vie n'excède pas 2 heures.



C'est la radioactivité de l'atome de fluor qui permet la détection par la caméra TEP lors de l'annihilation pour donner 2 photons. Pour vivre et se reproduire, les cellules ont besoin d'énergie sous forme de glucose. Plus l'activité des cellules est importante, plus leur consommation de glucose augmente.

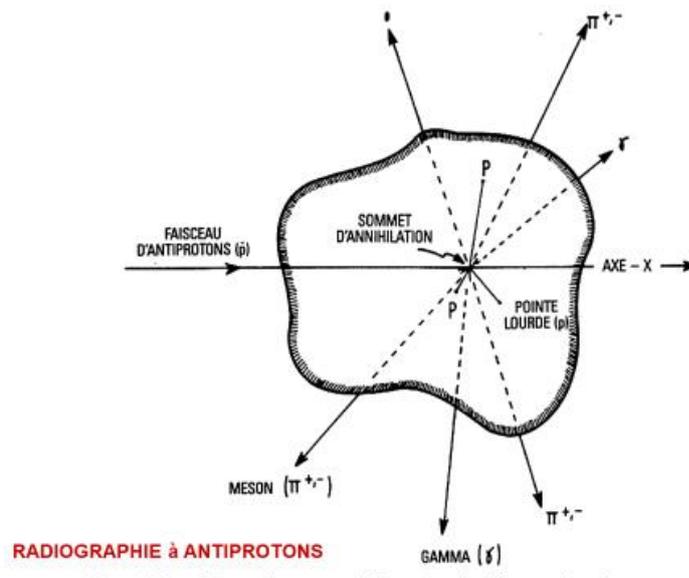
Les cellules cancéreuses se multiplient sans cesse et ces nombreuses multiplications nécessitent beaucoup d'énergie ; elles ont donc une consommation anormalement élevée de glucose par rapport aux cellules normales. Le ^{18}F -FDG se comporte comme le glucose, mais contrairement à celui-ci, il n'est pas une source d'énergie utilisable par la cellule cancéreuse. Le ^{18}F s'accumule dans le cytoplasme de la cellule et émet des e^+ et les rayonnements produits lors de l'annihilation peuvent être détectés par la caméra TEP. Le tissu cancéreux est ainsi repéré grâce à l'accumulation du produit radioactif sous la forme d'une image d'hyperfixation.



TOMOGRAPHIE à POSITRONS DU CERVEAU

La tomographie par émission de positons (TEP) est une méthode d'imagerie médicale qui permet de mesurer en trois dimensions l'activité métabolique d'un organe grâce aux émissions produites par les positrons issus de la désintégration d'un produit radioactif injecté au préalable.

La radiographie antiprotonique.



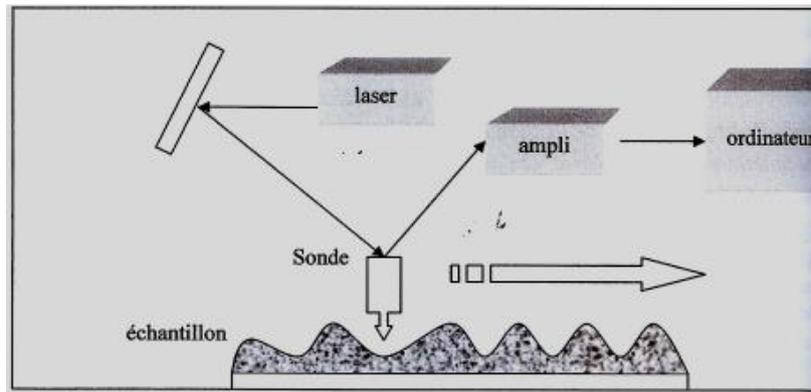
La radiographie antiprotonique bombarde le corps humain avec un antiproton ou avec un faisceau d'antiprotons. Dans ce cas, l'antiproton, qui a une charge négative, va progressivement, en traversant les tissus, perdre son énergie en "surfant" sur les électrons périphériques des différents atomes qui, de même charge, le repoussent. Lorsqu'il s'arrête, il s'annihile sur le noyau le plus proche en libérant des photons gamma qui seront captés par des détecteurs qui donneront une image du point d'annihilation.

Le Microscope à force atomique.

Le microscope à force atomique permet de balayer la surface d'un échantillon grâce à une pointe très fine, positionnée à l'extrémité libre d'un micro-levier flexible, pouvant se déplacer dans toutes les directions de l'espace, grâce à un tube piézoélectrique.

L'analyse des flexions du micro-levier permet de déterminer l'exact parcours de la pointe, ainsi que la mesure des forces d'interactions intervenant entre elle et l'échantillon. Capable de définir la topographie de surface, l'AFM est dans ce cas assimilable à un profilomètre.

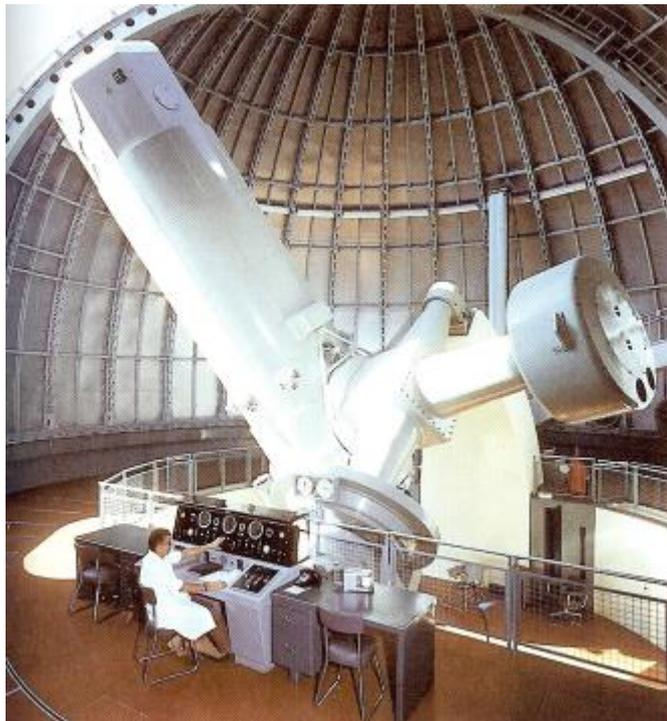
Microscope à force atomique



Les prothèses du Macromonde

1 Les Téléscopes terrestres

Le télescope permet d'apercevoir des objets célestes ponctuels difficilement perceptibles ou invisibles à l'œil nu.



LES PROTHESES du
MACROMONDE

Télescope de 1,93 de
l'observatoire de Haute
Provence

Le télescope d'Arecibo.

Situé à Arecibo sur la côte nord de l'île de Porto Rico.

Le télescope d'Arecibo se distingue par sa grande taille : le diamètre de l'antenne principale est de 305 mètres, construite à l'intérieur de la dépression laissée par un effondrement ; elle est profonde de 51 mètres ; le tout couvrant une

superficie de plus de 8 hectares. La surface de l'antenne est faite de 38 778 panneaux d'aluminium perforés, chacun mesurant environ 1 m sur 2 m, supportés par un maillage de câbles en acier (jusqu'au début des années 1970, elle est constituée par un simple treillis métallique, limitant son fonctionnement aux fréquences radio inférieures à 600 MHz) ;

Le radiotélescope opère à des fréquences situées entre 50 MHz et 10 GHz. Il a une portée pouvant atteindre plusieurs milliards d'années-lumière, sa sensibilité pourrait lui permettre d'écouter une conversation passée depuis un téléphone portable sur Vénus. En 1997, la puissance de son radar utilisé pour l'étude du système solaire est portée à 1 mégawatt, procurant ainsi à l'observatoire une résolution d'environ 1 km à la surface de Vénus, ce qui est assez sensible pour détecter une balle de golf (en acier) sur la Lune².

Malheureusement, le radiotélescope d'Arecibo s'est effondré en 2020.



RADIOTELESCOPE D'ARECIBO diamètre: 300mètres

Le Very Large Array Telescope

Situé dans la plaine de San Augustin au Nouveau-Mexique (États-Unis), il est formé de 27 antennes paraboliques identiques, larges de 25 m chacune, qui se déplacent sur des voies de chemin de fer disposées selon un tracé formant un immense Y (deux branches de 21 km et un pied de 19 km).

Les 27 antennes ont chacune leur propre récepteur, les signaux de chaque récepteur étant transmis à un site central où ils sont combinés : l'image haute résolution ainsi obtenue équivaut à celle d'un très grand radiotélescope, dont le diamètre serait égal à la distance maximale séparant les antennes. La résolution angulaire maximale pouvant être atteinte est d'environ 0,05 seconde d'arc.



VERY LARGE ARRAY (Nouveau Mexique)
27 télescopes de 25 m de diamètre

2 Le télescope spatial.

Un télescope spatial est un télescope placé au-delà de l'atmosphère. Il présente l'avantage par rapport à son homologue terrestre de ne pas être perturbé par l'atmosphère terrestre, car celle-ci déforme le rayonnement lumineux (...infrarouge, visible, ultraviolet...) et en absorbe une grande partie (surtout infrarouge et ultraviolet).

Le télescope Hubble, ci-dessous, orbitant à environ 550 kilomètres de la surface de la Terre, est si sensible qu'il pourrait détecter la lumière d'une veilleuse à la surface de la Lune. Lancé en 1990, le télescope spatial Hubble a accumulé de nombreuses avaries.



TELESCOPE SPATIAL HUBBLE : 11 000 Kg; long 13,2 m; lancé en 1990; alt 589 km
Caméra et spectromètre ; diamètre 2,4 m.

Le miroir du télescope Hubble, de grande taille (2,4 m de diamètre), lui permet de restituer des images avec une résolution angulaire inférieure à 0,1 seconde d'arc, sa capacité à observer à l'aide d'imageurs et de spectroscopes dans l'infrarouge proche et l'ultraviolet, lui permettent de surclasser, pour de nombreux types d'observation, les instruments au sol les plus puissants, handicapés par la présence de l'atmosphère terrestre. Les données collectées par Hubble ont contribué à des découvertes de grande portée dans le domaine de l'astrophysique, telles que la mesure du taux d'expansion de l'Univers, la confirmation de la présence de trous noirs supermassifs au centre des galaxies spirales, ou l'existence de la matière noire et de l'énergie noire.

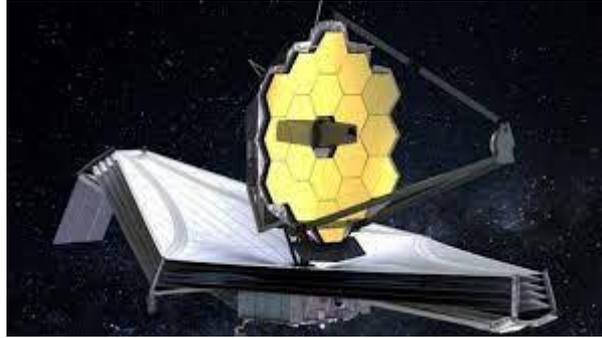
Le télescope spatial James Webb succède à Hubble, mais ne le remplace pas. Les missions sont réalisées en parallèle : les deux télescopes sont utilisés ensemble. Webb poursuit la riche histoire de Hubble en aidant à voir encore plus loin aux confins du cosmos.

Le Télescope James Web

Le 24 janvier 2022, le tout dernier télescope spatial est arrivé à destination, au point Lagrange, situé à 1,5 millions de kilomètres de la Terre dans la direction opposée au soleil, ce qui lui offre la possibilité de décrire une orbite stable, sa force centrifuge étant compensée par l'attraction du Soleil et de la Terre.

Dans les cinq mois qui vont suivre, les appareils et le miroir vont être ajustés pour rendre l'image la plus fidèle possible de notre Univers.

Vers quelles contrées le télescope le plus puissant et le plus cher jamais envoyé dans l'espace va-t-il désormais nous emmener ?



Télescope James Webb

Le James Webb Space Telescope (JWST) est la mission phare des années 2020 – 2040 pour faire avancer la connaissance dans de nombreux domaines de l'astrophysique. Cinq thèmes ont été mis en avant :

- 1) Détecter la première lumière et la ré-ionisation de l'Univers à la sortie de la période dite « âge sombre » : période qui se situe environ 300-400 millions d'années après le big bang et qui est vierge de toute observation,
- 2) Comprendre l'assemblage des galaxies,
- 3) Comprendre la naissance des étoiles et des systèmes protoplanétaires,
- 4) Détecter les premières planètes et l'origine de la Vie.
- 5) Détecter des planètes errantes.

James Webb va pouvoir regarder très loin dans l'espace, et par conséquent, très loin dans le passé. En effet, la lumière a beau se déplacer à la vitesse vertigineuse de 300 000 kilomètres par seconde, l'Univers est si vaste que c'est une vitesse d'escargot, car certaines images qui nous parviennent aujourd'hui ont des milliards d'années !

Les capacités uniques du télescope Webb lui permettront de faire des observations impossibles au télescope Hubble. Son miroir est plus grand que celui de ce dernier, ce qui lui permet de capter plus de lumière et d'observer l'Univers encore plus loin.

Ainsi, son premier objectif sera de remonter le temps, jusqu'au Big Bang (il y a 13,8 milliards d'années). Les scientifiques veulent observer les premières galaxies et les premières étoiles, pour comprendre la perte de diversité des galaxies.

A la recherche des "planètes errantes"

Des exoplanètes "exotiques" sont au programme des observations : des "planètes errantes", c'est-à-dire solitaires, détachées de toute étoile. *"Nous n'en connaissons pas beaucoup. En général, elles sont plutôt de la masse Jupiter",*

souligne l'astrophysicien Olivier Berné, responsable de projet scientifique sur le télescope James Webb, attirant l'attention sur le mystère qui entoure leur formation.

"Nous ne savons pas si les 'planètes errantes se forment autour d'une étoile et sont ensuite éjectées, ou si elles se forment spontanément dans le milieu interstellaire. Les observer et les caractériser doit permettre de mieux répondre à ces questions."

Olivier Berné, estime que certaines des "planètes errantes" qui seront scrutées se trouvent dans la nébuleuse d'Orion (à 1 350 années-lumière de la Terre), et donc dans notre galaxie, la Voie lactée. *"À l'échelle de James Webb, c'est assez proche"*.

Les travaux du JWST permettront en outre d'examiner *"des amas de galaxies provoquant de larges lentilles gravitationnelles"*, affirme Rogier Windhorst. Ce chercheur à la Nasa est l'auteur principal du projet Pearls du télescope, qui étudie l'époque à laquelle les premières galaxies se sont formées et les premières lumières sont apparues dans l'Univers.

Selon ce même Rogier Windhorst : *"Nous espérons bien voir des étoiles individuelles datant du premier milliard d'années [après le Big Bang], directement avec le télescope James Webb."*

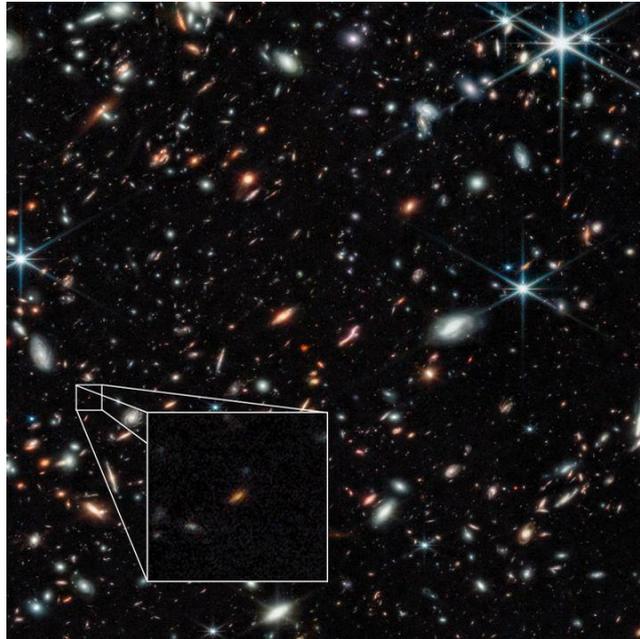
Il mentionne également des observations à venir de "disques d'accrétion" (des disques de gaz et parfois de poussières, en orbite autour d'un objet céleste) dans des quasars, les objets les plus lumineux de l'univers.

"Les quasars sont des galaxies dans lesquelles il y a un trou noir supermassif, qui est très actif et qui émet une lumière mille fois plus forte que toute la galaxie réunie", expliquait en 2020 l'astrophysicienne Françoise Combes, médaillée d'or du CNRS pour ses travaux dans ce domaine.

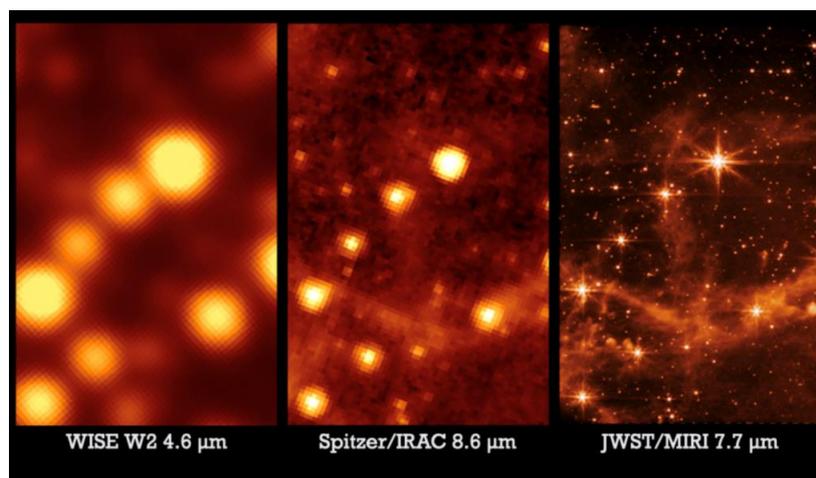
Enfin, l'astrophysicien Olivier Berné affirme que des *"records d'observation des galaxies les plus lointaines vont probablement exploser"* en 2023.

Des scientifiques ont déjà annoncé, mi-décembre, en avoir battu un avec deux galaxies détectées à seulement 320 et 350 millions d'années après le Big Bang (contre 400 millions d'années auparavant). Grâce à James Webb, les chercheurs espèrent remonter — peut-être pas dès 2023 — jusqu'à 100 millions d'années après cet événement survenu il y a plus de 13 milliards d'années.

Après un lancement réalisé bien au-delà des espérances (grâce à l'action du CNES, aux performances d'Ariane 5, et la maîtrise des agents à Kourou), les tests des performances de MIRI sur le ciel se sont extraordinairement bien déroulés. Sur la figure ci-dessous on peut voir le gain en résolution angulaire et en sensibilité apporté par MIRI par rapport à son prédécesseur.



Une image capturée par la caméra infrarouge du télescope James Webb, dévoilée par la Nasa le 17 novembre 2022, montre l'une des deux galaxies les plus éloignées observées à ce jour, près de l'amas de galaxies Abell 2744. (ESA, NASA, CSA, STSCI / AFP)



Sur la figure ci-dessus on peut voir le gain en résolution angulaire et en sensibilité apporté par MIRI par rapport à son prédécesseur : une précision stupéfiante !!!

CONCLUSIONS

Les prouesses technologiques de l'être humain, grâce à des prothèses aux pouvoirs hallucinants, lui ont permis de corriger sa myopie et de voir plus loin et donc plus tôt, mais aussi de pénétrer au cœur d'une matière inattendue, imprévisible et apparemment incompréhensible !

LES PROTHESES DU MICROMONDE

Le microscope optique est muni d'un objectif et d'un oculaire qui permettent de grossir l'image d'un objet de petites dimensions et de séparer les détails de cette image (pouvoir de résolution) afin qu'il soit observable par l'œil humain. Il est utilisé en biologie pour observer les cellules, les tissus, mais aussi en pétrographie pour reconnaître les roches, en métallurgie et en métallographie pour examiner la structure d'un métal ou d'un alliage.

Le microscope électronique

Le microscope électronique à transmission (MET) utilise un filament de tungstène comme cathode source d'électrons, le faisceau d'électrons traverse la coupe ultrafine d'un échantillon pour créer une image très agrandie.

Il peut obtenir des grossissements très élevés allant jusqu'à 2 millions de fois, alors que les meilleurs microscopes optiques sont limités à un grossissement de 2 000 fois. Grâce à lui et malgré l'observation d'échantillons morts nécessaires à l'observation dans le vide, la Vie apparaît sous ses formes les plus subtiles d'une complexité inouïe !!!

Dans le cas du microscope à balayage, l'image repose sur un balayage de surface plutôt que sur la transmission, il est en mesure de livrer des images d'objets de plusieurs centimètres avec une grande profondeur de champ.

En 1932, ANDERSON construisit une **chambre à bulles** susceptible de détecter de nouvelles particules émanant du cosmos. Il remarqua que certaines traces ressemblaient à celles faites par les électrons, mais le champ magnétique les avait courbées dans la direction opposée : il venait de visualiser la production de paires électron-antiélectron et de découvrir l'existence de l'Antimatière prévue 2 ans avant par le mathématicien Paul Dirac.!

La radiographie antiprotonique bombarde le corps humain avec un antiproton ou avec un faisceau d'antiprotons. Dans ce cas, l'antiproton, qui a une charge négative, va progressivement, en traversant les tissus, perdre son énergie en "surfant" sur les électrons périphériques des différents atomes qui, de même charge, le repoussent. Lorsqu'il s'arrête, il s'annihile sur le noyau le plus proche en libérant des photons gamma qui seront captés par des détecteurs qui donneront une image du point d'annihilation.

L'accélérateur de particules consiste à faire entrer en collision une particule de haute énergie contre une autre : un proton contre un autre proton et mettre en évidence les particules fondamentales de la matière. Il faudra expérimentalement 6 GeV d'énergie pour produire un seul antiproton (antimatière).

La radiographie antiprotonique bombarde le corps humain avec un antiproton ou avec un faisceau d'antiprotons. Dans ce cas, l'antiproton, qui a une charge négative, va progressivement, en traversant les tissus, perdre son énergie en "surfant" sur les électrons périphériques des différents atomes qui, de même charge, le repoussent. Lorsqu'il s'arrête, il s'annihile sur le noyau le plus proche en libérant des photons gamma qui seront captés par des détecteurs qui donneront une image du point d'annihilation.

Le **microscope à force atomique** permet de balayer la surface d'un échantillon grâce à une pointe très fine, positionnée à l'extrémité libre d'un micro-levier flexible, pouvant se déplacer dans toutes les directions de l'espace, grâce à un tube piézoélectrique.

LES PROTHÈSES DU MACROMONDE : scruter l'Espace de l'Univers.

Le télescope permet d'apercevoir des objets célestes ponctuels difficilement perceptibles ou invisibles à l'œil nu.

Les radiotélescopes terrestres opèrent à des fréquences situées entre 50 MHz et 10 GHz. Ils ont une portée pouvant atteindre plusieurs milliards d'années-lumière, leur sensibilité pourrait leur permettre d'écouter une conversation passée depuis un téléphone portable sur Vénus.

Le Very Large Array Telescope, est formé de 27 antennes paraboliques identiques, larges de 25 m chacune, qui se déplacent sur des voies de chemin de fer disposées selon un tracé formant un immense Y (deux branches de 21 km et un pied de 19 km). Les 27 antennes ont chacune leur propre récepteur, les signaux de chaque récepteur étant transmis à un site central où ils sont combinés : l'image haute résolution ainsi obtenue équivaut à celle d'un très grand radiotélescope, dont le diamètre serait égal à la distance maximale séparant les antennes. La résolution angulaire maximale pouvant être atteinte est d'environ 0,05 seconde d'arc.

Le télescope spatial est un télescope placé au-delà de l'atmosphère qui présente l'avantage par rapport à son homologue terrestre de ne pas être perturbé par l'atmosphère terrestre. Celle-ci déforme le rayonnement lumineux (...infrarouge, visible, ultraviolet...) et en absorbe une grande partie (surtout infrarouge et ultraviolet).

Le Télescope James Web, lancé le 24 janvier 2022, est situé à 1,5 millions de kilomètres de la Terre.

Il permettra d'observer la naissance de notre Univers en détectant des étoiles datant du premier milliard d'années [après le Big Bang], mais aussi des "planètes errantes", c'est-à-dire solitaires, détachées de toute étoile.....