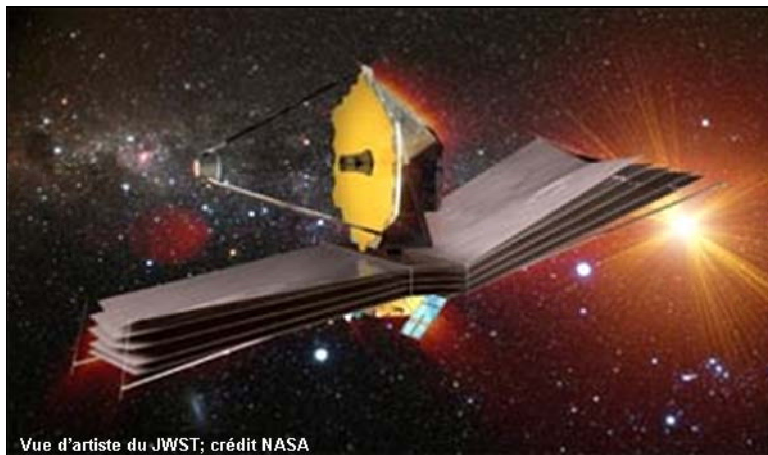


Introduction

Le JWST (James Web Space Telescope) est le successeur du HST (Hubble Space Telescope). C'est un programme de la NASA avec une participation de l'Europe à hauteur d'environ 15%, à travers l'Agence spatiale européenne (ESA). Le lancement est prévu en 2013. Avec un diamètre de 6,5 mètres, le JWST sera alors le plus grand télescope dans l'espace. Il sera dédié à l'observation du rayonnement infrarouge proche et moyen (de 1 à 30 micromètres).

Il s'agit de la deuxième génération de télescope infrarouge. Avec une surface collectrice 100 fois plus grande que celle de la première génération de télescopes (Iras, Iso, Spitzer), et proche de celle des grands télescopes actuellement au sol (VLT, Keck...), le JWST permettra de sonder l'univers très jeune. Il devrait détecter notamment les premières lueurs d'étoiles, les premiers quasars... et étudier la période de ré-ionisation de l'Univers.



Vue d'artiste du JWST; crédit NASA

En quelques chiffres

Diamètre du miroir	6,5 m
Durée de vie	5-10 ans
Masse au lancement :	6 000 kg
Température du télescope :	< 50 K

Le JWST sera équipé de 3 instruments :

- Une caméra pour l'infrarouge proche (1-5 micromètres) : Nircam, conçue et réalisée aux Etats-Unis ;
- Un spectromètre pour l'infrarouge proche : Nirspec, conçu et réalisé par l'industrie européenne sous responsabilité et financement Esa ;
- Un spectro imageur pour l'infrarouge moyen (5-28 micromètres): MIRI (Mid-Infrared Instrument), conçu et réalisé en collaboration entre les Etats-Unis (JPL-Nasa) et l'Esa, à travers les laboratoires spatiaux européens (financement par les agences nationales européennes).

La mission fournira des observations pendant un minimum de 5 ans ; les consommables ont été dimensionnés pour une durée de vie de 10 ans.

Le CEA et fortement impliqué dans l'instrument Miri ; il porte la responsabilité scientifique et technique de la partie française de cet instrument vis-à-vis du Cnes.

Enjeux scientifiques

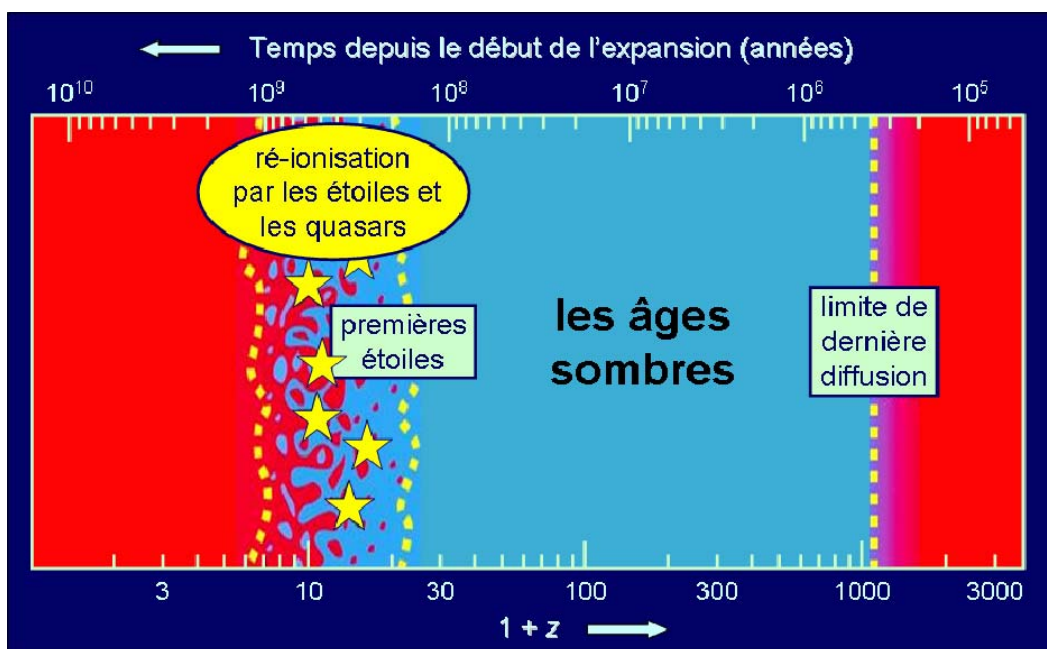
Comme le HST, le JWST est un observatoire qui fonctionnera sur appel à propositions et comités de sélection. À ce titre, l'éventail de ses objectifs scientifiques est large et évolutif.

Toutefois, le JWST a été conçu et construit autour d'un objectif scientifique majeur : **étudier les premières étapes de la « structuration de l'Univers » : les premières lueurs dans l'Univers et la ré-ionisation**

Après le big bang, l'Univers est en expansion et se refroidit. Vers 300 000 ans, l'Univers est suffisamment froid (3000°) pour qu'il y ait recombinaison des électrons et des ions pour former des atomes ; l'Univers devient transparent. Nous avons une bonne connaissance de l'Univers à cet âge grâce aux observations du fond diffus cosmologique. Ces observations ont mis en évidence d'infimes inhomogénéités, à partir desquels l'univers va se structurer, essentiellement sous l'effet de la gravité. On connaît aussi raisonnablement bien l'évolution « récente » de l'univers, entre 7 milliards d'années et 13,7 milliards d'années, (l'âge actuel de l'univers), grâce notamment à des cartographies de larges portions du ciel en visible et en infrarouge.

Cependant, on connaît très mal l'évolution de l'univers entre quelques centaines de milliers d'années et 7 milliards d'années. Les projets comme Herschel vont pouvoir nous dévoiler l'évolution de l'univers dans la tranche d'âge quelques milliards d'années - 7 milliards d'années. Par contre, **il faudra attendre le JWST pour connaître ce qui s'est passé au cours des premiers milliards d'années.**

Cette période est très riche, c'est le moment où l'Univers sort de « l'âge sombre » en créant les premiers objets « lumineux » qui vont l'éclairer et le ré-ioniser (voir figure ci-dessous). Les scénarii d'évolution de l'Univers prévoient que les premiers objets à se former sont des étoiles très massives, qui très vite engendrent des trous noirs ; ces trous noirs accrécent de la matière et pourraient former des mini galaxies actives ; dans certains scénarii les trous noirs se forment directement à partir d'effondrements gravitationnels...



Les questions ouvertes qui pourront être abordées par le JWST sont donc :

Quand les premières sources lumineuses sont-elles apparues et quelle est leur nature ? Quand la ré-ionisation a-t-elle eu lieu ? S'est-elle fait en un ou plusieurs épisodes ?

JWST et l'instrument MIRI

Les chercheurs du CEA ont choisi de travailler sur la caméra du spectro-imageur MIRI qui est optimisé pour les observations dans l'infrarouge moyen (5-27 microns).

En effet, l'instrument Miri se situe dans la droite ligne de l'activité infrarouge du Service d'astrophysique du Dapnia qui a travaillé sur la caméra Isocam du satellite Iso et l'instrument Visir installé au VLT. Le Service d'astrophysique du Dapnia a participé aux pré-études de Miri dès 1999. L'instrument Miri combinera l'avantage d'Isocam, instrument dans l'espace et donc possédant une très bonne sensibilité, et de Visir, instrument sur un grand télescope et donc possédant une très bonne résolution angulaire.

Pour répondre aux enjeux scientifiques, il permet 4 modes d'observations : **imagerie, coronographie, spectroscopie à basse résolution et spectroscopie en "champ intégral"**. Les trois premiers sont abrités par l'imageur, dont la conception est proche de celle de Visir.

La plus grande spécificité de l'instrument est le mode coronographique qui permet d'« éteindre » une étoile afin de sonder plus facilement (sans être « ébloui ») ses alentours proches, et ainsi tester la présence de planètes, de compagnons, de disques de poussières... Ce mode nécessite la réalisation de composants spécifiques (optiques et mécaniques), introuvables dans l'industrie, qui, une fois conçus au Lesia de l'observatoire de Paris-Meudon, sont fabriqués par des équipes du CEA (Drecam, Département de Recherche sur l'Etat Condensé, les Atomes et les Molécules).

Collaborations et participation du CEA à l'instrument Miri

MIRI fait l'objet d'une collaboration Europe/Etats-Unis sur la base d'un partenariat 50-50. La participation européenne est organisée en un consortium de 10 pays : Royaume-Uni, France, Belgique, Pays-Bas, Allemagne, Espagne, Suisse, Suède, Danemark, Irlande (par ordre d'importance décroissante des contributions financières). C'est le Royaume-Uni qui conduit le consortium européen.

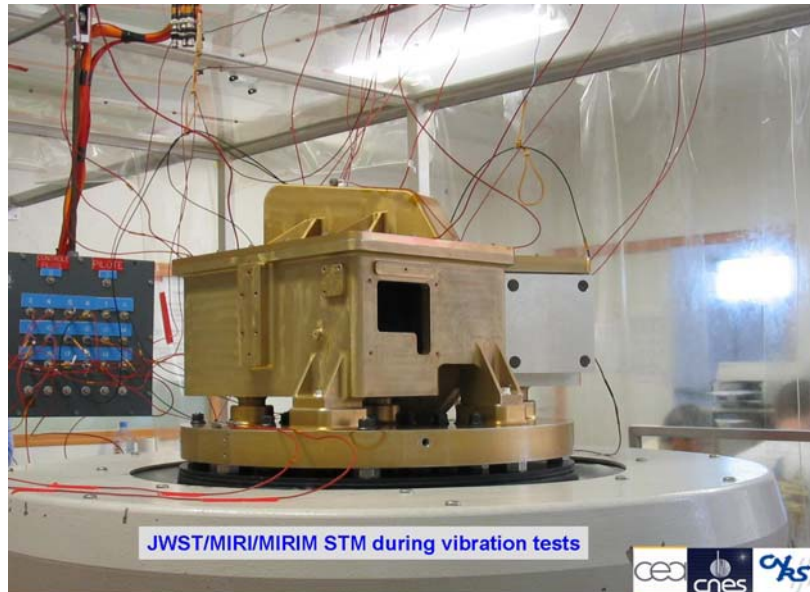
Au niveau français, quatre laboratoires spatiaux sont impliqués : le Dapnia pour le CEA et trois laboratoires du CNRS. Le CEA travaille en partenariat avec le Cnes, 50-50 en coût consolidé. Le Cnes est responsable de la partie française vis-à-vis de l'Esa.

C'est le service d'astrophysique du Dapnia qui a la responsabilité scientifique et technique de la partie française de l'instrument vis-à-vis du consortium européen. Il coordonne l'activité des services techniques du Dapnia impliqués dans le projet ainsi que des 3 autres laboratoires spatiaux français impliqués :

Les missions du Dapnia sont les suivantes:

- management global de la partie française du projet ;
- conception optique ;
- conception et réalisation de la structure mécanique ;
- conception et réalisation de la roue à filtres ;
- spécifications des miroirs (fabriqués en Belgique) ;
- conception et réalisation du système de détection en infra-rouge moyen pour les tests de caractérisation de l'imageur à 7°K au CEA ;
- responsabilité système du simulateur de télescope ;
- assemblage, intégration et tests de l'instrument et des moyens de tests associés ;
- suivi des performances scientifiques au Royaume-Uni et en vol ;

- mise en place d'un centre d'expertise instrumental et traitement des données au niveau français, voire européen ;
- exploitation scientifique des données.



Un instrument spatial est généralement construit à partir d'une succession de modèles : un modèle d'ingénierie, un modèle de qualification, un modèle de vol et un modèle de rechange. La photo ci-dessus représente le premier modèle de l'imageur de MIRI, prêt à être testé en vibration pour vérifier qu'il résistera bien aux fortes vibrations lors du décollage.

Dates importantes :

- 1999 – 2000 : pré-études ;
- 2001 – 2002 : études de phase A (faisabilité) du module optique ;
- Juin 2002 : réaffirmation de la priorité du JWST par l'Esa ;
- Mai 2003 : début de la phase B (études détaillées) ;
- Février 2004 : acceptation définitive du projet par le Cnes ;
- Septembre 2004 : revue des études préliminaires ;
- Avril 2006 : revue des études détaillées ;
- 2005 – 2008 : réalisation, intégration et tests en France du modèle de vol ;
- 2008 : intégration et tests de l'instrument complet en Angleterre ;
- 2010 : livraison aux USA ;
- 2013 : lancement du JWST ;
- 2013-2018 : phase E (opérations scientifiques)

Perspectives

La participation à la réalisation de l'instrument Miri permettra au CEA de bien connaître l'instrument et de bénéficier de temps garantis d'observation (900 heures par instrument). Le CEA occupera ainsi une place privilégiée pour tirer profit scientifiquement de cet équipement phare de l'astrophysique des années après 2013. Compte tenu du large gain en sensibilité que Miri apportera, cet instrument a un fort potentiel de découvertes, avec notamment la possibilité de permettre la première image en infrarouge thermique d'une exoplanète géante. Par ailleurs, ce projet permettra au CEA de garder sa compétence technique dans le domaine de l'infrarouge moyen, domaine qui continuera à être important pour l'astronomie, avec notamment les projets de détection d'exoplanètes « habitables »¹, comme le projet Darwin de l'Esa.

¹ Exoplanètes de masses voisines de celle de la terre et sur lesquelles l'eau peut être sous forme liquide