

Hipparcos – Cartographier les étoiles en 3D

Considéré comme l'un des plus grands astronomes de l'Antiquité, le Grec Hipparque réalisa au deuxième siècle avant Jésus-Christ le premier catalogue d'étoiles connu, répertoriant près d'un millier d'astres.

2'000 ans plus tard, la mission Hipparcos (*High precision parallax collecting satellite*) prend le relais. Entre 1989 et 1993, le satellite lancé par l'Agence spatiale européenne (ESA) a permis de cartographier avec précision plus de 100'000 étoiles. Un deuxième catalogue répertorie quelque 2 millions d'étoiles avec une précision moins élevée.

Hipparcos a également contribué à dater de manière plus précise l'âge de l'univers et à développer des stratégies pour l'étude des exoplanètes.



Lancement d'Hipparcos, août 1989 – crédit ESA

Premiers pas du CSEM dans l'espace

A chaque époque sa technologie ! Pour ses observations, Hipparque développe un astrolabe, un instrument qui permet de mesurer la hauteur d'un astre par rapport à l'horizon.

En 1989, le satellite Hipparcos est équipé d'un télescope Schmidt. Le CSEM a développé pour ce dernier une grille de modulation de plus de 2600 fentes. Pour chaque étoile observée, la lumière collectée par le télescope est projetée sur des capteurs à travers cette grille modulante. La lumière collectée, ainsi modulée, permet de déterminer très précisément la position de sa source.

Il s'agit de l'une des toutes premières incursions du CSEM dans le domaine spatial.



La plus brillante de 12 étoiles « intruses » dans la Voie lactée, identifiée à l'aide du satellite Hipparcos - Crédit ESA

Pour en savoir plus : [Hipparcos sur le site de l'ESA](#)

XMM Newton – Explorer l’univers

Mieux comprendre les énigmatiques trous noirs, observer les pouponnières d’étoiles, étudier la formation des galaxies pour comprendre les origines de l’univers ... Les principaux objectifs du satellite XMM Newton dont les trois télescopes étudient, pour le compte de l’ESA, les rayons X mous dans l’espace.

Figurant parmi les plus puissants satellites jamais construits, XMM Newton s’est révélé un précieux et infatigable observateur : initialement destinée à durer deux ans, sa mission se prolongera jusqu’à fin 2018, soit près de 20 ans après son lancement !



Vision artistique de XMM Newton en orbite autour de la terre – Crédit ESA / D. Ducros

Sésame ouvre-toi !

Pour cette mission, le CSEM a développé un mécanisme hermétique d'ouverture de porte pour protéger les caméras CCD du télescope.

Ce développement - un pour chacune des deux boîtes de détection des caméras - était si crucial qu’une défaillance aurait entraîné l’échec de la mission. L’ouverture réussie des portes après le lancement d’Ariane en 1999 en a prouvé la robustesse et la fiabilité.

Ces unités ont contribué à l'observation de phénomènes mystérieux et captivants comme l'absorption d'une étoile par un trou noir.



Mécanisme d'ouverture des portes de CSEM

Pour en savoir plus : [Mission XMM Newton sur le site de l'ESA](#)

Partenaires principaux : [Paul Scherrer Institute](#) (PSI), 15 sous-traitants parmi lesquels [Steiger Galvanotechnique SA](#),

Envisat – Check-up de la terre

L'évolution de la couche d'ozone, la fonte de la banquise dans l'Arctique, le recul de la mer d'Aral ... Quelques exemples des phénomènes que le regard attentif d'ENVISAT a observé sans relâche entre 2002 et 2012.

En 10 ans, ce satellite conçu par l'Agence spatiale européenne (ESA) pour mesurer une série de paramètres environnementaux a ainsi généré plus d'un millier de téraoctets de données. Ces informations ont permis de mieux cerner le changement climatique, de monitorer la pollution atmosphérique ou encore de mieux comprendre les mécanismes de la tectonique et du volcanisme.

Prévu initialement pour opérer cinq ans, ENVISAT a cessé d'émettre peu après le 10ème anniversaire de son lancement après avoir fait plus de 50'000 fois le tour de la terre !

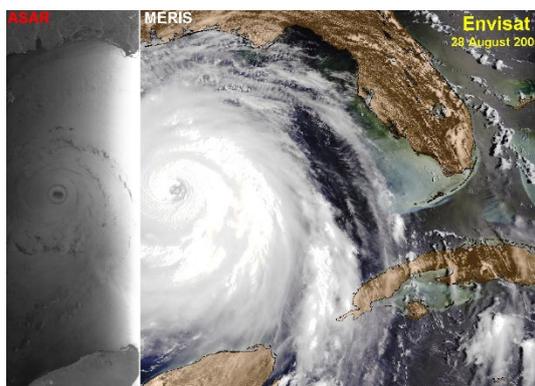


Vision artistique d'Envisat – Crédit ESA

Assurer des données précises et comparables

Parmi les instruments embarqués : MERIS (Medium-spectral resolution, imaging spectrometer), un spectromètre chargé notamment de recueillir des paramètres océanographiques.

Le CSEM en a conçu le mécanisme de calibration, destiné à garantir la précision des observations au fil du temps. Réalisée régulièrement à bord du satellite, la calibration est cruciale pour compenser la dérive du spectromètre, celui-ci étant soumis aux conditions extrêmes de l'environnement spatial.



Ouragan Katrina (USA), 2005, Copyright ESA

L'instrument a également livré des images impressionnantes de l'ouragan Katrina en 2005 ou encore de l'éruption volcanique de l'Eyjafjöll en Islande en 2010.

Pour en savoir plus: [Mission Envisat sur le site de l'ESA](#)

Partenaire principal : [Thales Alenia SPACE France](#) (anciennement Aerospatial)

Smart1 – Améliorer les technologies spatiales

Lancée en 2003, Smart-1 (Small Missions for Advanced Research in Technology) représente la première mission de l'Agence spatiale européenne (ESA) destinée à tester différentes technologies pour minimiser le coût et le poids des sondes spatiales.

En parallèle, le démonstrateur envoyé dans l'espace a observé durant 3 ans la lune pour faire avancer les connaissances sur la composition de notre satellite. Il s'agit de la première mission lunaire européenne.

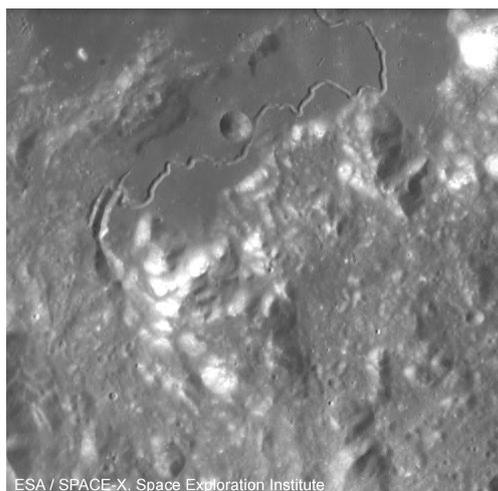


Vue d'artiste de la mission Smart-1 – Crédit ESA

La contribution du CSEM

Le CSEM a développé les microcaméras numériques miniatures (AMIE-Asteroid-Moon micro-Imager Experiment) qui vont photographier la lune sous toutes ses coutures durant trois ans.

Pour répondre aux contraintes et objectifs de la mission, ce système a dû allier miniaturisation et performance. Contrat rempli puisque le système a pesé au final 450 grammes et a permis de réaliser d'innombrables clichés de l'astre céleste.



La fissure de Hadley immortalisée par la mission Smart-1

Plus d'informations :

[Mission Smart-1 sur le site de l'ESA](#)

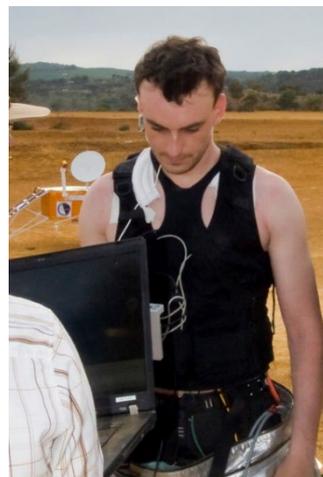
[Présentation de l'AMIE sur le site de l'ESA](#)

Partenaire principal : [FISBA AG](#)

LTMS – Monitoring des astronautes

La santé des astronautes est primordiale pour assurer le succès d’une mission spatiale ou le bon déroulement des activités à bord de la station spatiale internationale.

Très tôt, les agences spatiales ont ainsi fait développer et tester des systèmes sophistiqués pour monitorer les paramètres physiologiques des équipages. Ces développements débutés dans les années 2000 favorisent aujourd’hui également des applications sur terre dans le domaine médical ou sportif.



Tests du système LTMS – Crédit ESA

Pionnier du suivi médical sans fil

L’expertise du CSEM dans les systèmes intégrés sans fil et à basse consommation l’a amené à s’intéresser rapidement à ce type de développement et à travailler pour l’Agence spatiale européenne (ESA).

En partenariat avec le CHUV et l’hôpital de Neuchâtel, CSEM a réalisé l’étude sur le monitoring à long terme sur la base de Concordia, dans l’Antarctique avec pour objectifs de finaliser et valider sa solution. Celle-ci permet notamment de mesurer la saturation du sang en oxygène et la température corporelle



Capteur LTMS du CSEM

Ces travaux ont permis le développement de la technologie SENSE qui permet un monitoring sans fil de paramètres vitaux, utilisable à des fins sportives ou médicales.

Pour en savoir plus : [Système LTMS sur le site de l'ESA](#)

Principaux partenaires : [CHUV](#), [Université de Berne](#), [HNE](#), [Adnovum AG](#)

Rosetta – Rendez-vous avec une comète

Beaucoup comparent cette épopée fascinante avec les premiers pas sur la lune. C'est que lorsque le projet a été initié à la fin du 20e siècle, l'objectif était audacieux et les exigences technologiques ambitieuses.

Après un voyage spatial de dix ans, la sonde Rosetta a atteint la comète Tchouri en 2014 et s'est mise en orbite. L'atterrisseur Philae a ensuite été lâché sur la surface de Tchouri. Sa mission : recueillir des informations utiles pour mieux connaître la nature des glaces et de la croûte organique de la comète.



Vue artistique de Philae – Crédit ESA

La mission s'est terminée en 2016 quand Rosetta a rejoint Philae. L'aventure scientifique se poursuit avec l'analyse du matériel recueilli qui doit aider à mieux comprendre les origines de la terre.

Les yeux de Philae

Grâce à la contribution du CSEM, l'atterrisseur Philae a été en mesure de livrer les premières photos prises depuis la surface d'une comète. Le centre de recherche a participé à la mise au point de sept minuscules caméras haute définition, à faible consommation énergétique.

Celles-ci ont été développées entre 1998 et 2001, sur la base d'un prototype conçu entre 1992 et 1997 pour l'Agence spatiale européenne (ESA). À l'époque, les caméras de qualité spatiale avaient presque la taille de l'atterrisseur Philae, ce qui témoigne du défi relevé.



D'un poids unitaire de 100 grammes, les caméras ont fait partie des 10 instruments embarqués à bord de Philae pour l'analyse de la comète.

Pour en savoir plus: [Rosetta Mission on ESA](#)

Partenaire principal: [FISBA AG](#)

METOP – Les météorologues

La plate-forme Metop se compose de trois satellites météorologiques placés en orbite polaire héliosynchrone. Ceux-ci ont été développés par l'Agence spatiale européenne et sont gérés par l'Agence Eumetsat.

Metop-A, le premier d'entre eux, a été lancé en 2006 à partir de Baïkonour (KAZ). Le lancement du troisième satellite, METOP-C, est prévu pour fin 2018.

Ces satellites sont équipés de 11 instruments de mesure. Leur déploiement permet d'améliorer la précision des prévisions météorologiques, mais aussi la collecte de données climatiques précieuses. Ils ont ainsi observé par endroits la réduction des trous dans la couche d'ozone.

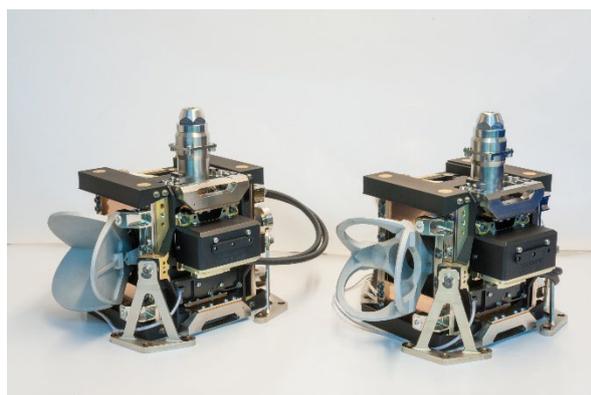


Vue d'artiste d'un satellite de la mission METOP – Crédit EUMETSAT/ESA

Une pièce maîtresse de METOP

L'instrument IASI - construit pour le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) par Thales Alenia Space à Cannes - fournit aux météorologues des données précises et à haute résolution sur les températures atmosphériques.

Son élément clé en termes de mesure de haute précision est le mécanisme « Corner Cube ». Pour le développer, le CSEM s'est appuyé sur sa technologie innovante Flextec.



Le mécanisme "Corner Cube"

Le CSEM a développé trois modèles de ce mécanisme pour les missions météorologiques METOP.

Pour en savoir plus:

[METOP sur EUMETSAT](#)

Principal partenaire: [RUAG](#) (former Mecanex)

TURBISC – Veiller sur la santé des astronautes

Dans l'espace, dans les régions reculées ou après une catastrophe naturelle, les appareils portables permettant un diagnostic rapide peuvent être très utiles.

En 2013, l'astronaute Chris Hadfield a testé à cet effet dans la station spatiale internationale (ISS) un cytomètre en flux fabriqué par la société canadienne INO.

De la taille d'un grille-pain, ce dispositif compact et autonome permet de compter les globules blancs et peut livrer un diagnostic en 10 minutes. De telles mesures sont très utiles pour détecter des infections ou des inflammations.

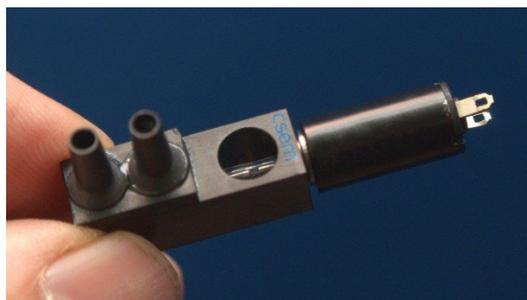


L'astronaute Christer Fuglesang durant sa deuxième sortie dans l'espace – Crédit Nasa

Une micro-pompe ultra légère

La pompe TURBISC du CSEM a été choisie comme unité de pompage pour ce système de diagnostic biologique. L'équipe du CSEM a également participé à des adaptations mineures aux raccords fluidiques de la pompe, afin d'assurer un ajustement parfait avec le système Microflow.

Sa performance sans pulsation, sa bidirectionnalité et sa légèreté ont été déterminants dans le choix d'INO.



La micro-pompe TURBISC

Pour en savoir plus:

[L'astronaute canadien Chris Hadfield montre comment Microflow fonctionne](#)
[Plus d'infos sur Turbisc](#)

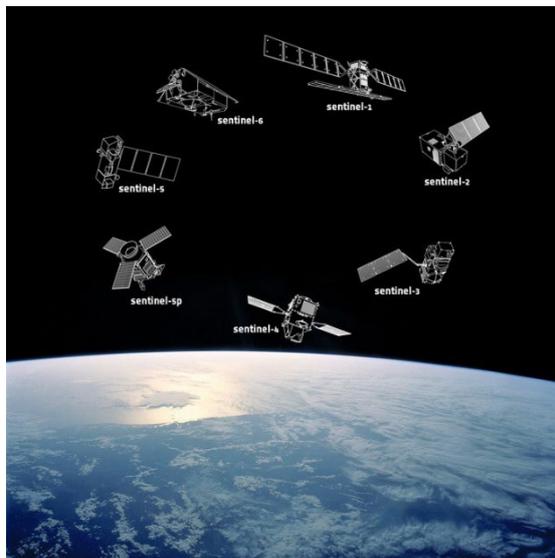
Partenaire principal: [INO](#)

Sentinel – Un oeil attentif sur notre planète

Après le succès d'Envisat, l'Agence spatiale européenne (ESA) a lancé l'ambitieux programme Sentinel, une famille de six missions dédiées à la surveillance de la terre.

Ce programme représente le bras spatial de l'initiative environnementale européenne Copernicus. Il se compose de plusieurs nouveaux satellites et de trois instruments embarqués sur des satellites existants. Le déploiement a commencé en 2014 et devrait être terminé d'ici 2029.

Chaque mission se concentre sur une cible spécifique et fournit des données détaillées pour la surveillance de l'océan, de l'atmosphère ou de la terre. L'information recueillie appuie le management de l'environnement, aide à comprendre les effets des changements climatiques, ainsi qu'à assurer la sécurité civile.



La précision – un facteur-clé

Au côté d'autres entreprises suisses, le CSEM a participé au développement du satellite Sentinel 3A qui recueille des données sur les zones terrestres et maritimes. Cela permet, par exemple, de mesurer les températures de surface, les courants et les niveaux de pollution.

Comme pour Envisat, le CSEM a conçu, puis transféré à CSL un mécanisme de calibration utilisé pour l'étalonnage en vol de la caméra multispectrale.



Artistic representation of Sentinel 3 a – Credit ESA

Cette unité est cruciale pour compenser la dérive du spectromètre, celui-ci étant soumis aux conditions extrêmes de l'environnement spatial.

Pour en savoir plus: [Copernicus on ESA](https://www.esa.int/Copernicus)

RemoveDEBRIS – Opération nettoyage spatial

La multiplication des satellites utilisés à des fins météorologiques et de communication a donné lieu à une pléthore de débris spatiaux. Ces « déchets » représentent un risque pour les satellites en activité et contraignent souvent la station spatiale internationale à dévier sa trajectoire. Plusieurs projets sont en cours pour mettre au point des techniques d'élimination de ces intrus.

Parmi ces initiatives : le projet européen RemoveDEBRIS. Son objectif est d'envoyer un satellite dans l'espace pour tester - en situation réelle - différentes technologies pour détruire ces débris.



Impression artistique de débris en orbite terrestre basse -
Crédit ESA

Le CSEM prête ses yeux à la mission

Le CSEM a développé le système de vision de cette mission. Celui-ci est composé d'une caméra LIDAR 3D et d'une caméra 2D. Cet instrument est essentiel pour identifier et localiser précisément la cible à capturer, l'opération se déroulant dans des conditions de lumière difficiles.

À l'avenir, cette technologie pourrait être utilisée pour réaliser des atterrissages précis sur Mars, sur la lune ou sur un astéroïde.



The Vision Based Navigation System (VBN) developed by
CSEM

Pour en savoir plus:

[Project RemoveDEBRIS](#)

[LIDAR at CSEM](#)

Principaux partenaires : [Airbus](#); [Surrey Space Centre](#) , [INRIA](#)

MTG – Weather forecasting 3.0

A partir de 2021, le programme MTG (Meteosat Third Generation) va succéder aux satellites METOP pour nous informer du temps qu'il va faire de manière précise.

Conjointement dirigée par Eumetsat et l'Agence spatiale européenne (ESA), la mission comprendra trois paires de satellites - quatre satellites d'imagerie MTG-I et deux satellites de sondage MTG-S - qui seront placés en orbite géostationnaire à 36 600 km au-dessus de l'équateur.

Ce dispositif sera à même de fournir des données plus précises, comme des prévisions météorologiques à très court terme telles que des alertes sévères. D'autres améliorations concernent la surveillance du climat, des petites particules dans l'atmosphère, ainsi que la pollution.

Sonder l'atmosphère

Dans cette nouvelle flotte de satellites, le sondeur infrarouge (IRS) jouera un rôle important, en mesurant la structure de la vapeur d'eau et de la température dans l'atmosphère. Ces paramètres sont essentiels pour une compréhension plus complète de l'impact du changement climatique.

Comme pour METOP, le CSEM - en partenariat avec Thales Alenia - a développé un mécanisme "corner cube" pour cet instrument. Le déplacement du "corner cube" permet un sondage constant du spectre IR. C'est à travers les caractéristiques de ce spectre que la quantité de vapeur d'eau et la température sont calculées pour chaque point observé.

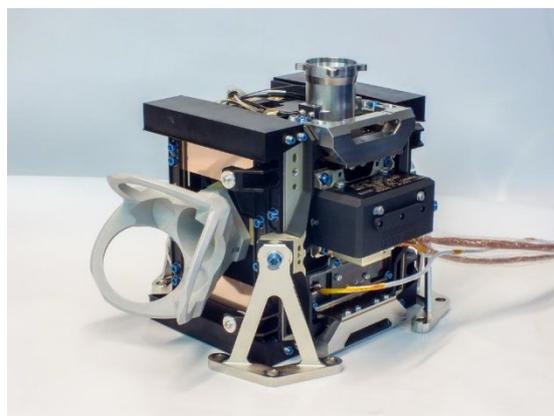
Le mécanisme devra fonctionner pendant de nombreuses années, en continu et sans aucune possibilité d'entretien. Le CSEM utilise sa technologie "Flextec" bien établie afin d'en atténuer l'usure et de maximiser la précision et la fiabilité des données fournies.

For more information: [MTG on EUMETSAT](#)

Principaux partenaires: [Almatec](#), [Syderal](#), [Ruag](#)



Meteosat Third Generation shall enable a better quality and accuracy of the data.



Le mécanisme "Corner cube" MTG

EXOMARS 2 – Percer les secrets de la planète rouge

Lancé par l'Agence spatiale européenne (ESA) en partenariat avec l'Agence spatiale russe, le programme EXOMARS comprend deux missions.

Il vise à en savoir plus sur la composition de l'atmosphère de Mars et à détecter d'éventuels signes de vie passée ou présente.

Sur le plan technologique, les partenaires de ce programme expérimentent pour la première fois un atterrisseur et un rover martien qui testeront les techniques de freins à air et d'atterrissage. La mission ambitionne également de prélever des échantillons de roches.

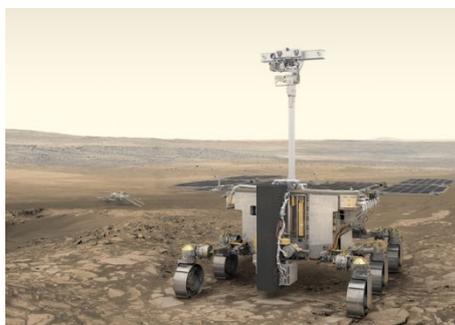


Image de Mars réalisée par Rosetta. - Crédit ESA

De quoi Mars se compose-t-elle?

Le CSEM participe à la deuxième phase de la mission (EXOMARS 2) avec le développement d'un mécanisme de mise au point pour la caméra CLUPI.

Cette caméra est fabriquée par Thales Alenia Space Suisse, tandis que sa conception et son exploitation est assurée par l'Institut d'exploration spatiale de Neuchâtel. Cette caméra aura pour tâche d'acquérir des images en couleur à haute résolution des composantes du sol martien.



rover martien – Crédit ESA

Le



mécanisme CLUPI

Le

Pour en savoir plus:

[Exomars on ESA](#)

[Clupi camera](#)

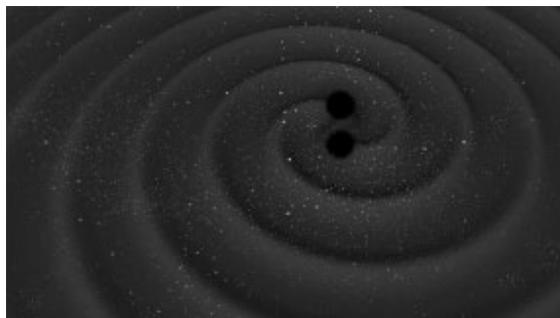
Principaux partenaires: [Space Exploration Institute](#) (Prime Investigator), [Thales Alenia Space Switzerland](#), [FISBA AG](#)

LISA – Sur les traces d’Einstein

Initiée par l'Agence spatiale européenne (ESA), la mission LISA fournira le premier observatoire spatial des ondes gravitationnelles. Ces ondes ont été détectées pour la première fois en 2015, confirmant leur prédiction par Albert Einstein un siècle plus tôt.

Lisa sera composée de trois engins spatiaux distants de 2,5 millions de km, disposés en formation triangulaire, Cet observatoire contribuera de façon significative à notre compréhension de la formation des galaxies, de l'évolution stellaire, de l'univers primitif, ainsi que de la structure et de la nature de l'espace-temps lui-même.

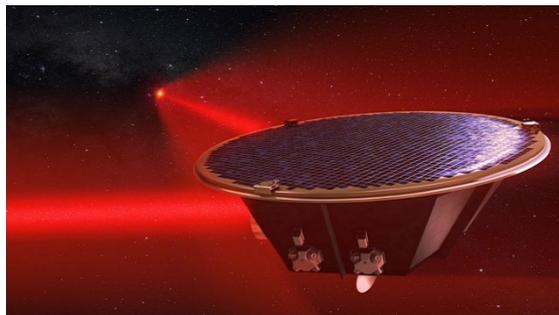
Le lancement de LISA est prévu pour 2037.



A gravitational wave signal was triggered in 2015 by the merging of two black holes some 1.3 billion light-years away
– Credit ESA

Quel est le secret des ondes gravitationnelles?

La mesure des ondes gravitationnelles de LISA est basée sur la technique de l'interférométrie laser. Les trois satellites forment un interféromètre Michelson géant à trois bras. Pendant qu'une onde gravitationnelle traverse l'interféromètre, les longueurs des bras LISA subissent des variations temporaires dues à la distorsion spatio-temporelle résultant de l'onde. Cette variation devra être mesurée à quelques dizaines de picomètres près à une distance de plusieurs millions de kilomètres.



Le concept LISA – Crédit AEI/Milde Marketing/Exozet

La stabilité des sources laser de l'interféromètre est primordiale. Le CSEM travaille sur un système complet qui peut stabiliser la lumière émise par les lasers, de sorte que les ondes gravitationnelles révèlent certains de leurs secrets.

En 2021, le CSEM a été désigné par l'ESA pour fournir un soutien et une expertise métrologique pour la mission, en raison de son expérience solide dans les projets spatiaux et de son savoir-faire étendu en matière de lasers ultra-stables. Son rôle consiste, entre autres, à vérifier [la stabilité de la fréquence et de la puissance des lasers de la NASA](#) afin qu'ils répondent aux besoins spécifiques de la mission LISA

Pour en savoir plus:

[LISA on ESA](#)

[Stabilization of the lasers](#)