



AAP Astro-Pratique

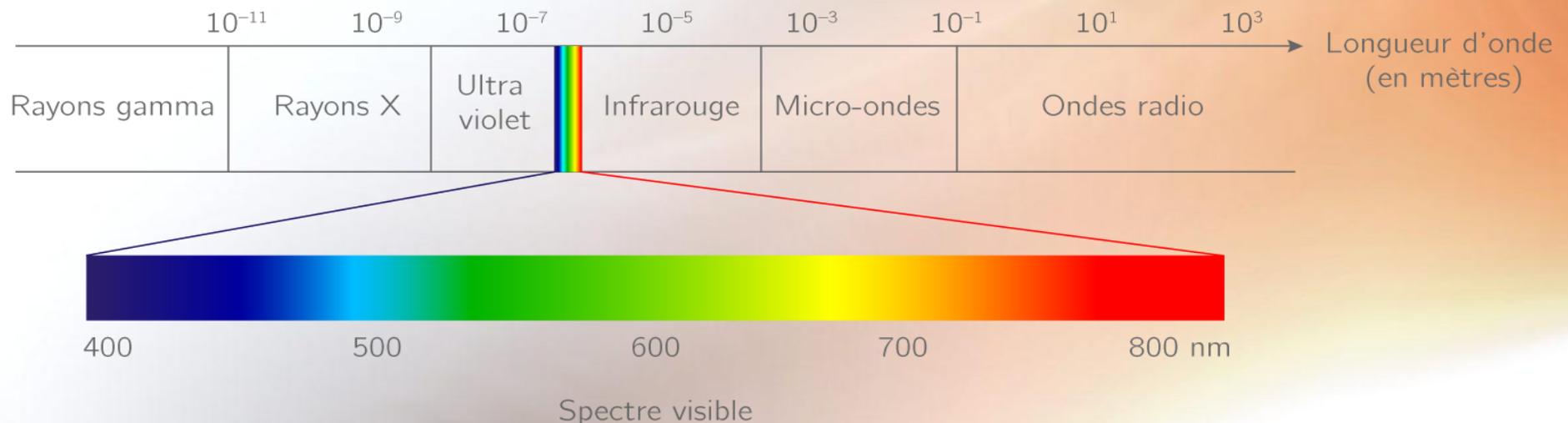
Phénomènes astronomiques transitoires

Les phénomènes astronomiques transitoires

L'observation de l'univers avec différents types de signaux et dans une large gamme de longueurs d'ondes (pour les ondes électromagnétiques) met en évidence des **phénomènes qui surviennent brutalement et qui sont brefs** (en regard des temps astronomiques) : les phénomènes transitoires. On parle d'astronomie « multi-messagers ». On se limitera ici aux phénomènes survenant hors du système solaire.

Quelques exemples

- Sursaut ou baisse de luminosité d'une étoile variable (Nova récurrente TCrab par exemple)
- Supernova : explosion violente d'une étoile massive en fin de vie
- Sursaut de rayons X ou de rayons gammas
- Flux de neutrinos
- Ondes gravitationnelles
- ...



Astro-COLIBRI : une application dédiée aux phénomènes transitoires



Astro-COLIBRI regroupe et présente avec beaucoup de réactivité les phénomènes transitoires détectés par des observatoires situés dans le monde entier. Elle est gratuite et accessible à tous, en particulier aux astronomes amateurs. Ces phénomènes méritent en effet d'être étudiés suite à leur détection et la communauté des astronomes amateurs peut contribuer à ces travaux.

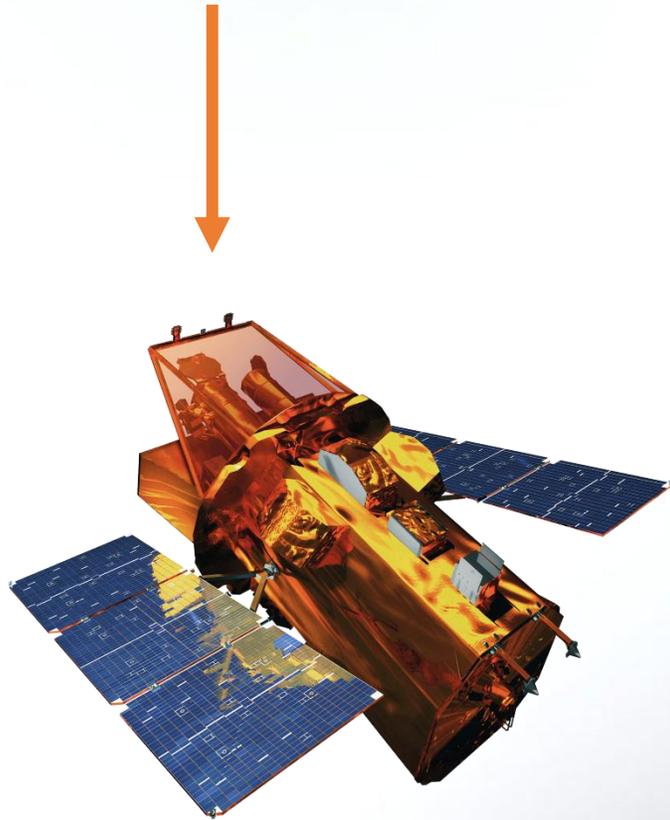
Exemples :

- identifier la source d'un sursaut gamma (dont la localisation est imprécise) en repérant un sursaut de lumière dans la zone d'incertitude
- Tracer la courbe de lumière d'une étoile qui présente un sursaut de luminosité
- ...

Les astronomes professionnels assurent également un suivi de ces phénomènes. L'OCA (Observatoire de la Côte d'Azur) a mis en place un télescope « [TAROT](#) » dédié au repérage des contreparties optiques des sursauts gamma.

The Neil Gehrels Swift Observatory

Observatories **Swift** SVOM Fermi HAWC IceCube AMON Integral GECAM FlaapLUC LVC Catalogs Other



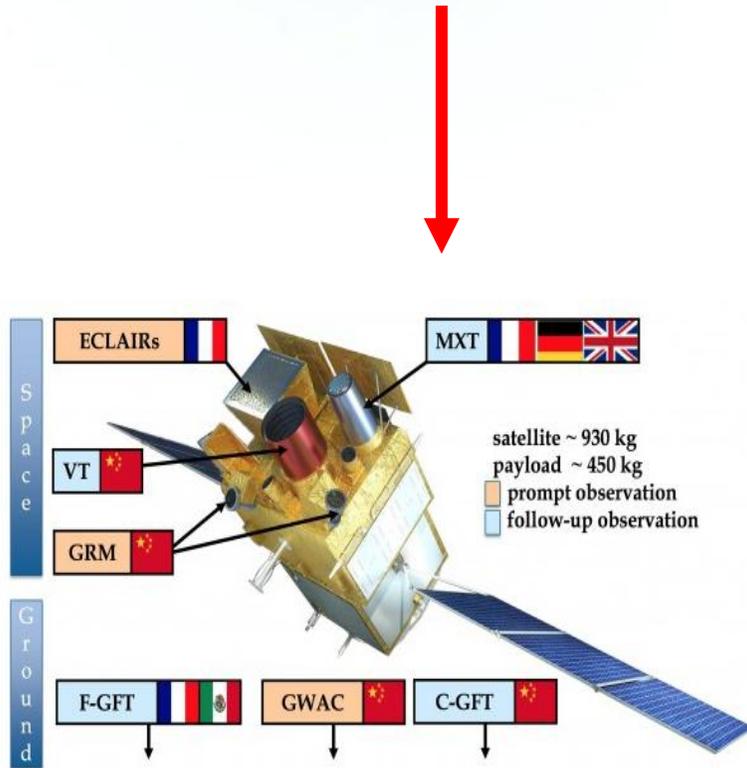
Swift découvre approximativement
100 sursauts par an

Les sursauts gamma (GRB) sont les explosions les plus puissantes que l'Univers ait connues depuis le Big Bang. Ils se produisent environ une fois par jour et sont de brefs mais intenses éclairs de rayonnement gamma. Ils proviennent de toutes les directions du ciel et durent de quelques millisecondes à quelques centaines de secondes. Jusqu'à présent, les scientifiques ne savent pas ce qui les provoque. Sont-ils le signe de la naissance d'un trou noir lors d'une explosion stellaire massive ? Sont-ils le produit de la collision de deux étoiles à neutrons ? Ou est-ce un autre phénomène exotique qui provoque ces sursauts ?

Avec [Swift](#), une mission de la NASA à participation internationale, les scientifiques disposent d'un outil dédié à répondre à ces questions et à résoudre le mystère des sursauts gamma. Ses trois instruments donnent aux scientifiques la possibilité d'examiner les sursauts gamma comme jamais auparavant. Quelques secondes après avoir détecté un sursaut, *Swift* transmet sa localisation aux stations au sol, permettant aux télescopes terrestres et spatiaux du monde entier d'observer la rémanence du sursaut.

The SVOM Observatory

Observatories ● Swift ● SVOM ● Fermi ● HAWC ● IceCube ● AMON ● Integral ● GECAM ● FlaapLUC ● LVC ● Catalogs ● Other



The SVOM instruments (Space and Ground)

La mission SVOM (Space-based multi-band astronomical Variable Objects Monitor) est une mission franco-chinoise dédiée à l'étude des explosions d'étoiles les plus lointaines, les sursauts gamma. Elle a été lancée le 22 juin 2024 par la fusée chinoise Long March 2C depuis la base de lancement de Xichang.

Il est le fruit d'une collaboration entre les deux agences spatiales nationales, la CNSA (China National Space Administration) et le CNES (Centre national d'études spatiales), avec les contributions principales de l'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'univers (Irfu) et de l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie (IRAP) pour la France et de l'Observatoire astronomique national (NAO) et de l'Institut des hautes énergies de Pékin (IHEP) pour la Chine.

Les observations depuis l'espace seront complétées par un important segment au sol comprenant :

- La caméra grand champ GWAC (Ground-based Wide Angle Camera) pour étudier depuis le sol dans le domaine visible l'émission instantanée d'une partie des sursauts détectés.
- Les télescopes robotisés GFTs (Ground Follow-up Telescopes) pour mesurer avec précision les coordonnées du sursaut gamma.

The IceCube Observatory

Observatories Swift SVOM Fermi HAWC IceCube AMON Integral GECAM FlaapLUC LVC Catalogs Other



L'observatoire de neutrinos [IceCube](#) est le premier détecteur de ce type, conçu pour observer le cosmos depuis les profondeurs de la glace du pôle Sud. Un groupe international de scientifiques responsables de la recherche scientifique constitue la collaboration IceCube.

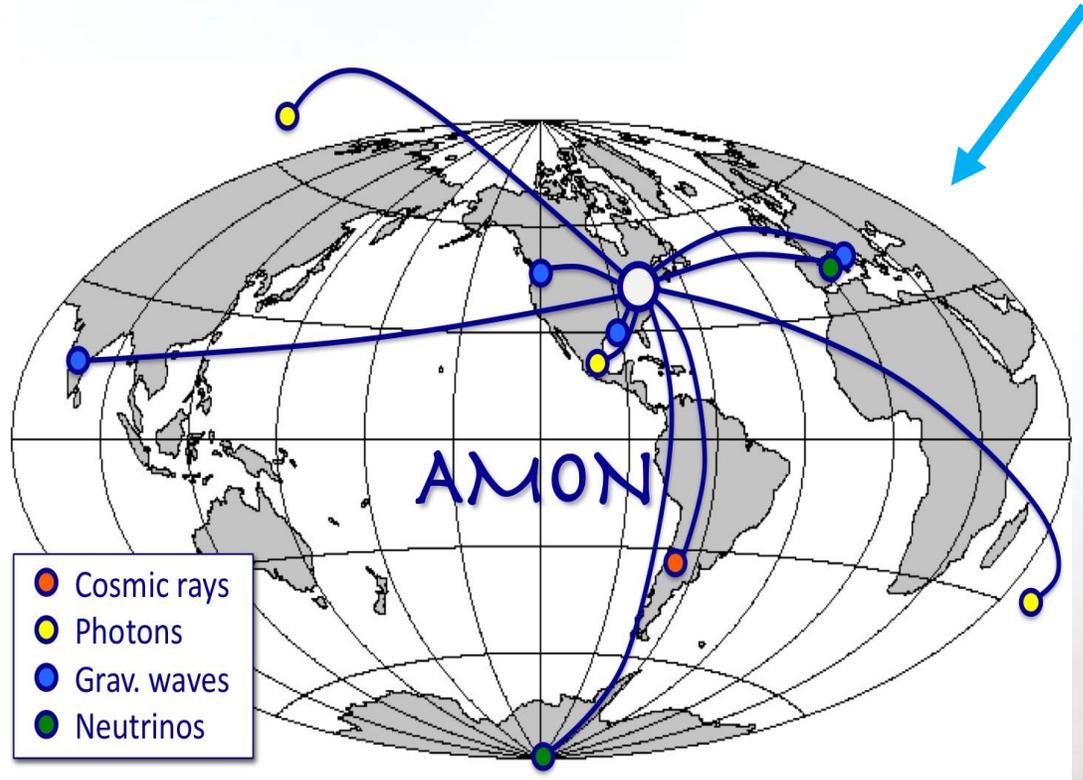
Couvrant un kilomètre cube de glace, IceCube recherche des particules subatomiques presque sans masse appelées neutrinos. Ces messagers astronomiques de haute énergie fournissent des informations permettant d'étudier les sources astrophysiques les plus violentes : des événements tels que l'explosion d'étoiles, les sursauts gamma et les phénomènes cataclysmiques impliquant des trous noirs et des étoiles à neutrons.

Les collaborateurs d'IceCube s'intéressent à plusieurs grandes questions de physique, comme la nature de la matière noire et les propriétés du neutrino lui-même. IceCube observe également les rayons cosmiques qui interagissent avec l'atmosphère terrestre, ce qui a permis de révéler des structures fascinantes qui ne sont pas encore comprises.

Environ 450 physiciens de 58 institutions dans 14 pays composent la collaboration IceCube.

The AMON Observatory

Observatories ● Swift ● SVOM ● Fermi ● HAWC ● IceCube ● AMON ● Integral ● GECAM ● FlaapLUC ● LVC ● Catalogs ● Other



Le réseau d'observatoires astrophysiques multimessagers (AMON) est un programme actuellement en cours de développement à l'université d'État de Pennsylvanie, en collaboration avec un nombre croissant d'observatoires américains et internationaux. L'AMON vise à effectuer une analyse corrélative en temps réel des signaux à haute énergie émis par tous les messagers astronomiques connus (photons, neutrinos, rayons cosmiques et ondes gravitationnelles) dans le but de :

- améliorer la sensibilité combinée des observatoires collaborateurs aux phénomènes astrophysiques transitoires en recherchant des coïncidences dans leurs données
- permettre une imagerie rapide de suivi ou une analyse archivistique des sources astrophysiques présumées.



The FlaapLUC Observatory (inclus dans le satellite Fermi)

Observatories  Swift  SVOM  Fermi  HAWC  IceCube  AMON  Integral  GECAM  FlaapLUC  LVC  Catalogs  Other



L'instrument LAT embarqué à bord du satellite Fermi surveille l'univers dans le domaine des rayons gamma à haute énergie (\sim GeV). Les données sont mises à la disposition de la communauté quelques heures seulement après l'enregistrement des photons. FLAapLUC est un pipeline automatisé qui analyse les données publiques Fermi-LAT à la recherche d'activité intense d'une liste de sources prédéfinies.

Actuellement, les ressources informatiques nécessaires sont fournies par la collaboration H.E.S.S. La liste des sources utilisées comprend tous les émetteurs GeV répertoriés dans le catalogue 4FGL de la collaboration Fermi-LAT.

The FlaapLUC Observatory (inclus dans le satellite Fermi)

Observatories ● Swift ● SVOM ● Fermi ● HAWC ● IceCube ● AMON ● Integral ● GECAM ● FlaapLUC ● LVC ● Catalogs ● Other

LVC : LIGO VIRGO Cooperation

VIRGO est un instrument scientifique de grande taille situé près de Pise en Italie, conçu pour la détection d'ondes gravitationnelles. Il s'articule autour d'un interféromètre de Michelson, qui est capable de détecter de minuscules variations de longueur dans ses bras de 3 km de long induites par les passages d'ondes gravitationnelles. La précision requise est atteinte grâce à de nombreux systèmes qui l'isolent du monde extérieur, incluant un ultravide contenant ses miroirs et instruments ainsi que des systèmes de suspension complexes.

Le **Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory**, en abrégé **LIGO**, est une expérience de physique à grande échelle dont le but est de détecter directement les ondes gravitationnelles. Cofondé en 1992 par Kip Thorne et Ronald Drever du Caltech et Rainer Weiss du MIT, le LIGO est un projet conjoint entre les scientifiques du MIT, du Caltech et de nombreuses autres institutions et universités. L'analyse des données astronomiques sur les ondes gravitationnelles est à la charge du LIGO Scientific Collaboration (LSC) qui regroupe 900 scientifiques dans le monde. Il est localisé à Handford (Washington)



Les types de phénomènes transitoires



Non utilisé depuis 2023

FRB: Fast Radio Bursts (sursauts d'ondes radio d'une durée de quelques millisecondes)

Unclassified OT: newly detected optical transients (no classification information available yet)

Classified OT: classified optical transients (e.g. novae, CVs, TDE, AGN, etc.)

SN: classified supernovae

GRB: gamma-ray bursts

burst: unclassified transients and flares

neutrino: high-energy neutrino events

nuem: coincidence between neutrinos and high-energy gamma rays

GW: gravitational wave events (classification into significant/non-significant following LIGO/Virgo/KAGRA)

Histoire des Digitized Sky Survey (DSS)

Le **Digitized Sky Survey (DSS)** est une version numérisée de plusieurs relevés astronomiques réalisés à l'origine sur plaques photographiques. Il a été lancé en **1994** par le **Space Telescope Science Institute (STScI)** pour permettre aux astronomes d'accéder facilement à des images du ciel.

✦ Origine et données

Le DSS repose sur des observations effectuées par :

- Le **Palomar Observatory Sky Survey (POSS I & II)**
- Le **UK Schmidt Telescope** en Australie
- Autres relevés de l'hémisphère Sud

Les images ont été **numérisées à haute résolution** pour créer une carte du ciel en plusieurs longueurs d'onde, principalement en **optique**.

✦ Versions du DSS

1. **DSS1 (1994)** : Première numérisation des plaques photographiques anciennes.
2. **DSS2 (fin des années 1990 - 2000s)** : Meilleure résolution et filtres supplémentaires (rouge, bleu, infrarouge).

✦ Utilisation

- Recherche d'objets célestes (galaxies, nébuleuses, étoiles variables).
- Préparation d'observations pour des télescopes modernes.
- Support aux projets comme **Hubble, Gaia et le Sloan Digital Sky Survey (SDSS)**.

AT 2025axj

Détection : 2025-02-04 10:29:16 Image Vespera : 2025/02/06 22:13:30

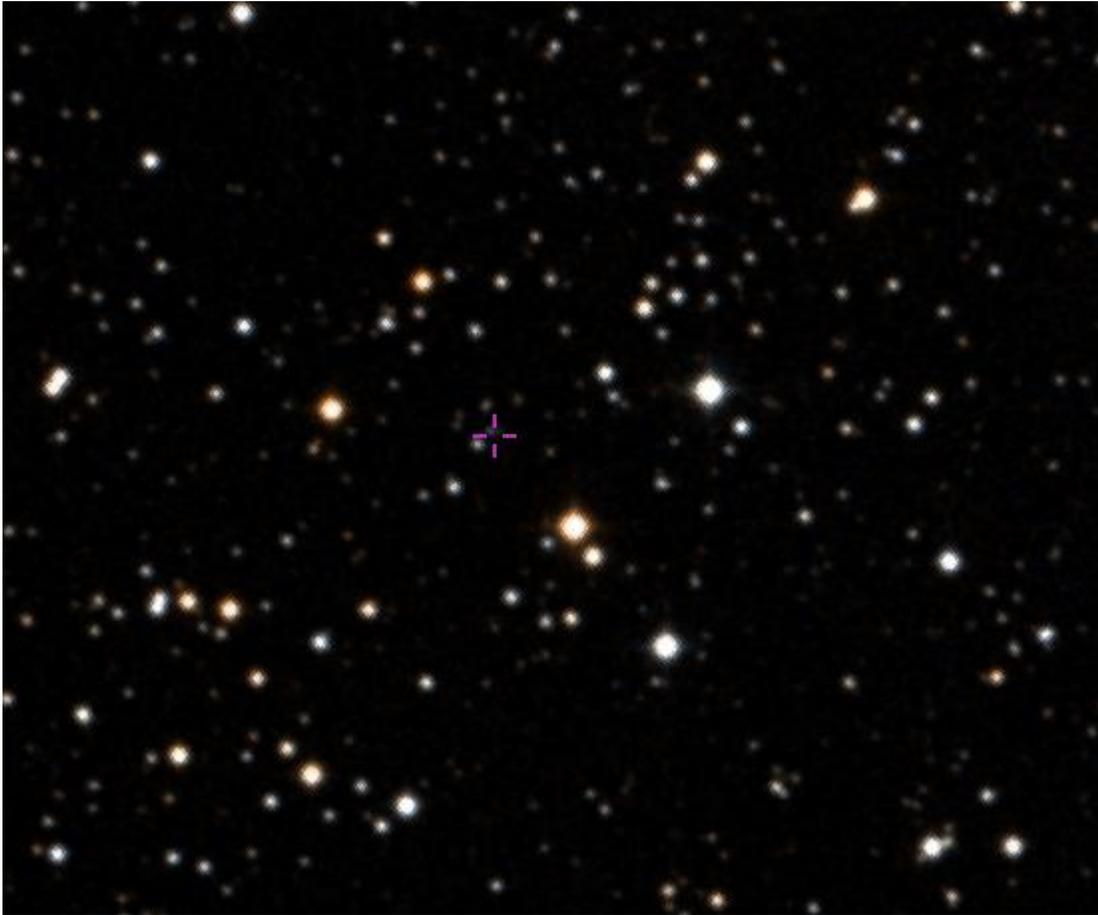


Image DSS2

La croix est positionnée sur les coordonnées données par Astro-Colibri

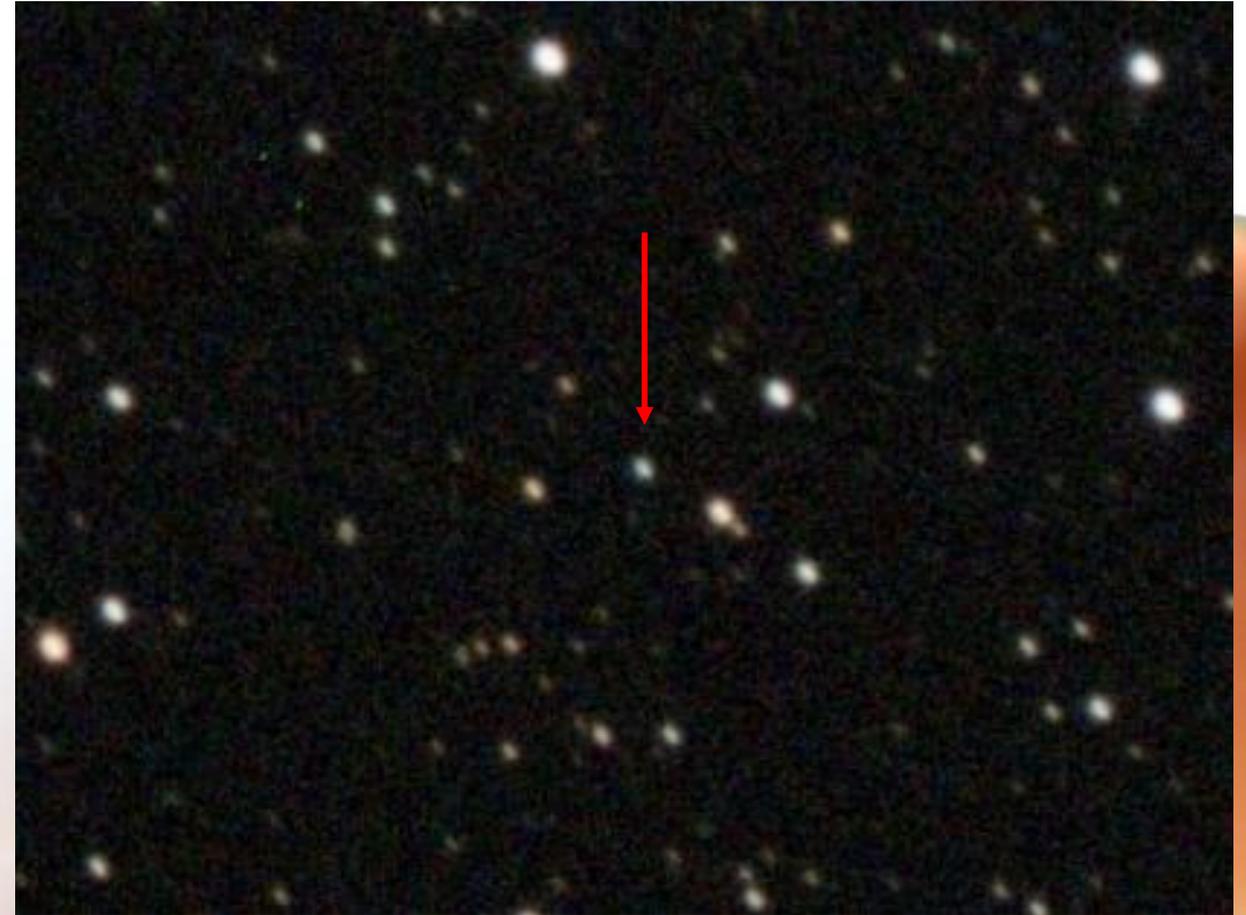


Image Vespera

On voit clairement un objet plus brillant que sur l'image de référence, on peut noter sa teinte bleutée

AT 2025ere

Détection : 2025-03-17 03:22:39 Image Vespera : 2025/03/17 22:05:21



Image DSS2

La croix est positionnée sur les coordonnées données par Astro-Colibri

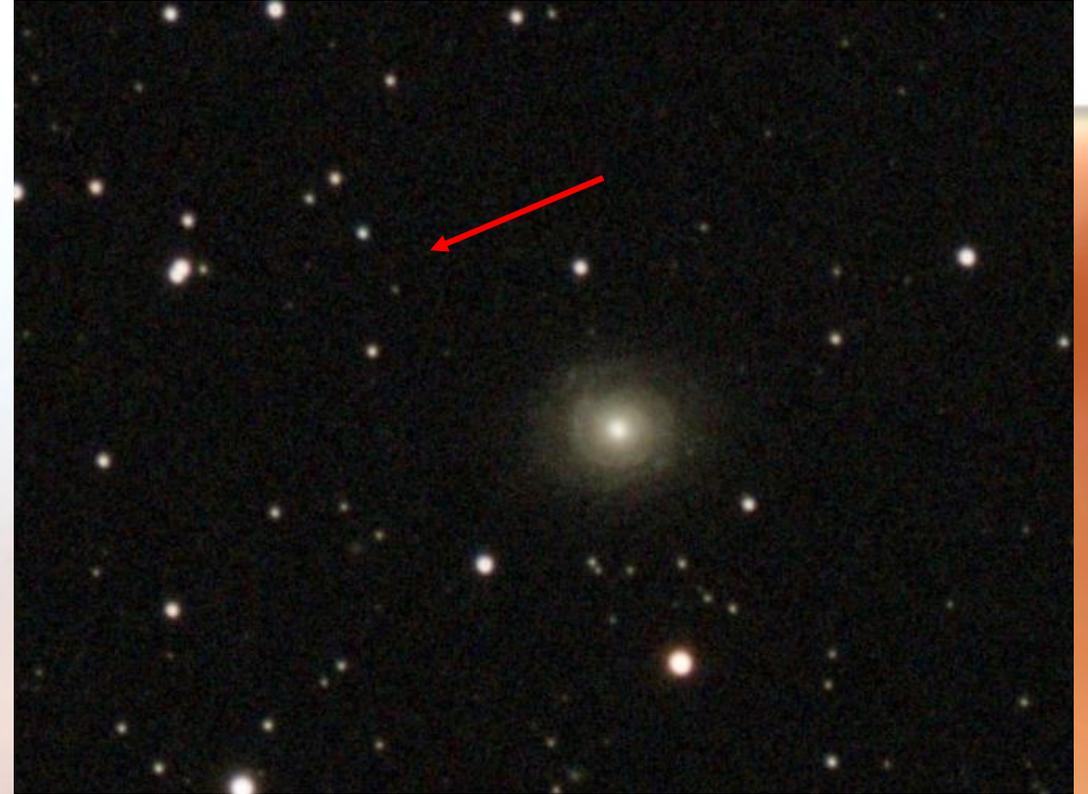


Image Vespera

On voit clairement un objet plus brillant que sur l'image de référence, couleur bleutée

AT 2025axj & AT 2025ere Analyse

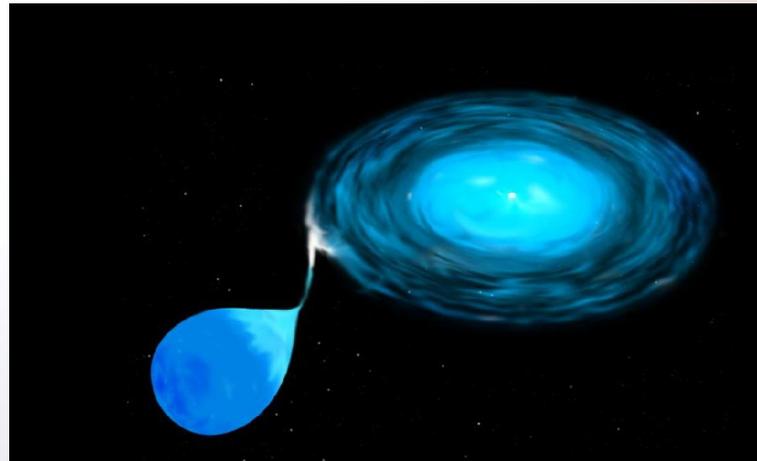
Il s'agit d'une étoile variable cataclysmique, surprise en flagrant délit de sursaut de luminosité.

Une **(étoile) variable cataclysmique (CV** en anglais) est un type d'étoile binaire. Elle est constituée de deux étoiles : une primaire naine blanche, et une secondaire (faisant partie de la séquence principale dans la plupart des cas) lui transférant sa masse. On connaît actuellement plus de 1600 systèmes CV. Elles ont une période orbitale comprise typiquement entre 80 minutes et 12 heures.

Ces systèmes sont alimentés par un transfert de masse, et pour que le transfert de masse dure toute la vie du système, l'étoile secondaire doit remplir son lobe de Roche. Celui-ci prend approximativement une forme de larme autour de chaque étoile. Les lobes de Roche de la primaire et de la secondaire se rencontrent en un point appelé point de Lagrange intérieur. À ce point, la matière peut passer entre les deux étoiles de la moins massive à la plus massive.

D'un point de vue observationnel, les variables cataclysmiques sont relativement faciles à découvrir. Ce sont habituellement des objets assez bleus, tandis que la majorité des étoiles sont rouges. La variabilité de ces systèmes est souvent plutôt rapide et forte. De fortes émissions en ultraviolet et même en rayons X et des raies d'émission particulières constituent d'autres propriétés typiques.

Source : *Wikipedia*



Vue d'artiste d'une VC et du transfert de masse

S4 0954+65

Détection : 2025-02-21 09:05:22 Image Vespera : 2025/02/15 20:57:03 (????)



Image DSS2

La croix est positionnée sur les coordonnées données par Astro-Colibri



Image Vespera

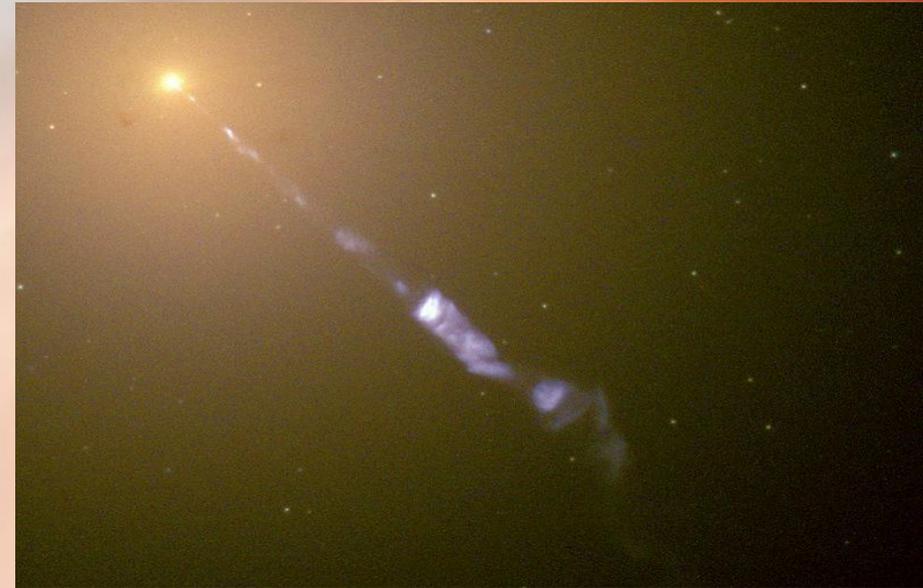
On voit clairement un objet plus brillant que sur l'image de référence

S4 0954+65 Analyse

Un **objet BL Lacertae** ou **BL Lac** est un type de galaxie active, nommé d'après l'objet typique BL Lacertae. Contrairement aux autres types de galaxies actives, elles présentent une très forte amplitude de variation dans l'émission de leur rayonnement, et une polarisation importante de ce rayonnement. BL Lacertae a d'ailleurs d'abord été pris en 1929 pour une variable irrégulière. Comparativement à d'autres noyaux actifs qui présentent de fortes raies d'émission, ces objets présentent un spectre dominé par un continuum et une émission non thermique. Les objets BL Lac sont regroupés avec d'autres objets sous le nom de **Blazar**. Les variations observées dans un objet BL Lacertae sont dues à plusieurs phénomènes physiques liés à la dynamique du jet relativiste et aux propriétés du trou noir supermassif. Ces variations se produisent à différentes échelles de temps (minutes, heures, jours à plusieurs années) et sur l'ensemble du spectre électromagnétique. Il existe plusieurs processus internes aux jets admis comme étant la source de variation des BL Lacs



Jet relativiste : image d'artiste



Jet relativiste de la galaxie M87 (HST)

AT 2025brr

Détection : 2025-01-17 05:14:32 Image Vespera :



Image DSS2

La croix est positionnée sur les coordonnées
données par Astro-Colibri



Image Vespera

On voit clairement un objet absent sur
l'image de référence

AT 2025brr Analyse

Plusieurs sources de magnitude ~ 20 dans Gaia DR3

Gaia DR3 35226776301226240 est la plus proche sans certitude (cela dépend de la précision des coordonnées données dans Astro COLIBRI)

Rien dans TNS.

Apparemment cette étoile variable, probablement cataclysmique, n'avait jamais été identifiée.

TCP J06455595+1210577

Détection : 2025-03-31 14:08:35 Image Vespera : 2025/03/31 20:03:07



Image DSS2

La croix est positionnée sur les coordonnées données par Astro-Colibri

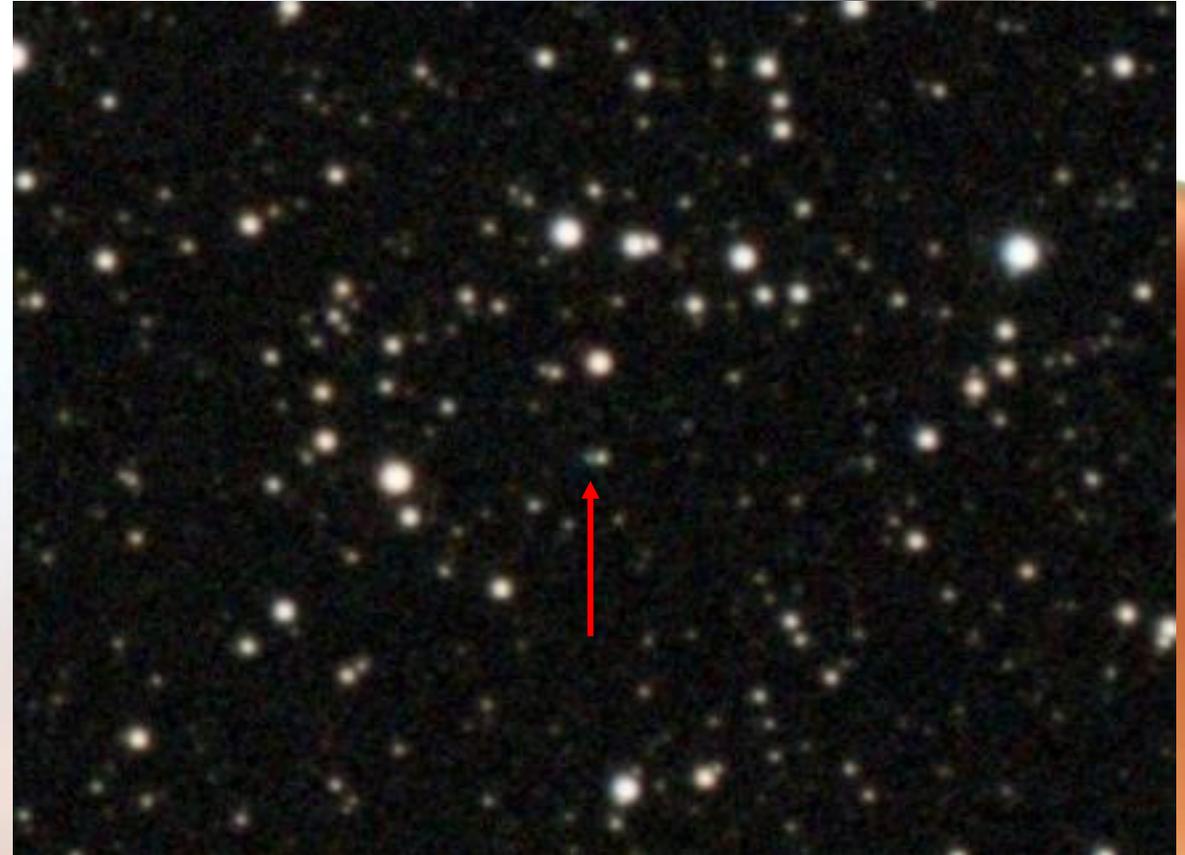


Image Vespera

On voit clairement un objet absent sur l'image de référence, teinte verte.

TCP J06455595+1210577 Analyse

Sursaut optique non identifié d'après Astro COLIBRI.

Rien dans TNS.

Après recherche, on trouve [ici](#) une identification comme SU UMa-type dwarf nova et [ici](#) comme UGSU star.

Des observations sont demandées pour préciser sa période.

Autre signalement identique sous le nom : **AT 2025ghv**

TCP J19065629+4019093

Détection : 2025-04-29 16:27:41 Image Vespera : 2025/05/01 0:30

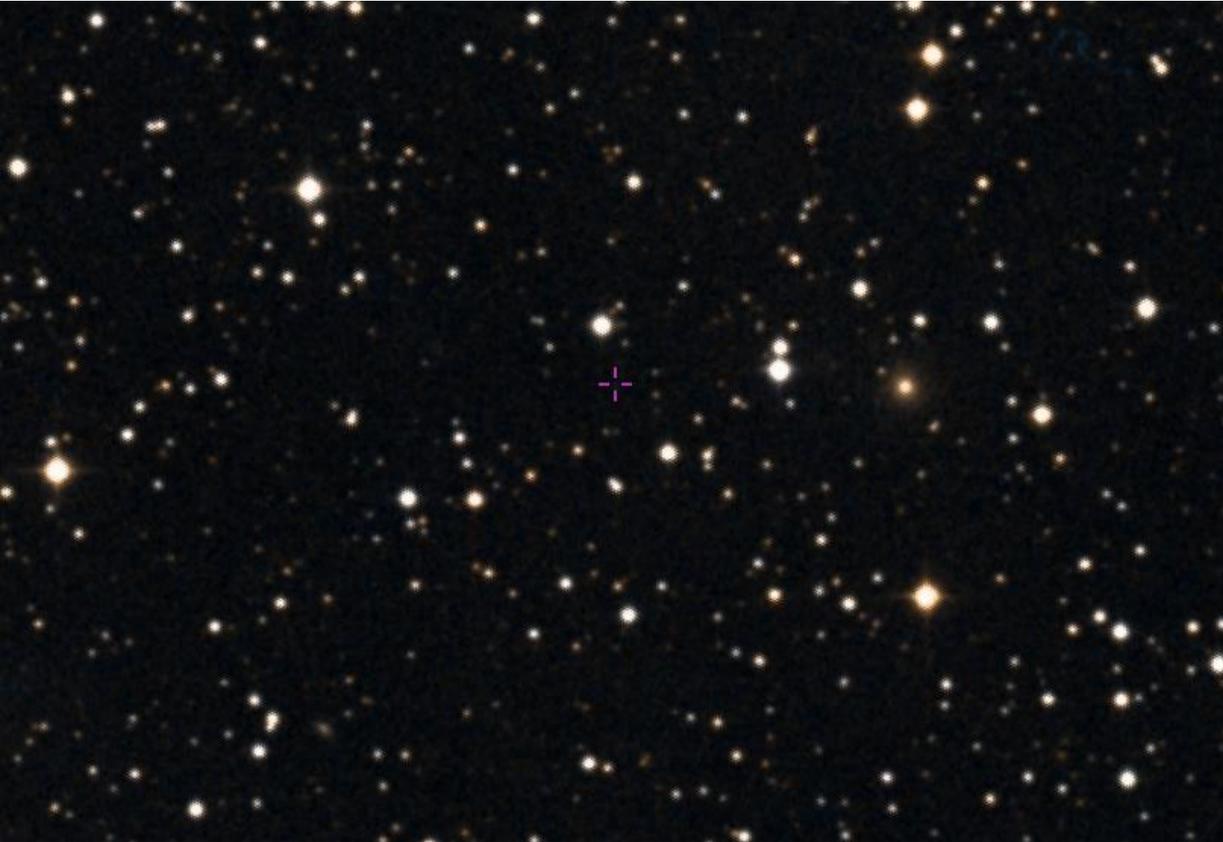


Image DSS2

La croix est positionnée sur les coordonnées données par Astro-Colibri



Image Vespera

On voit clairement un objet absent sur l'image de référence. Teinte bleutée.

TCP J19065629+4019093 Analyse

Sursaut optique non identifié d'après Astro COLIBRI.

Rien dans TNS.

Après recherche, on trouve [ici](#) une identification comme variable cataclysmique

La teinte bleutée est vraiment caractéristique (comme AT 2025axj)

Cas où l'image obtenue avec la Vespera ne permet pas de visualiser le phénomène transitoire

AT 2025emk Détection : 2025-03-14 01:20:21 Image Vespera : 2025/03/16 22:29:41

L'étoile apparaît avec la même magnitude que sur l'image de référence DSS2.

FRB 20250316A Détection : 2025-03-16 08:33:50 Image Vespera : 2025/03/18 21:22:19

Sursaut radio rapide. Aucun objet sur la position donnée par Astro-COLIBRI. Les étoiles voisines ont des magnitudes cohérentes avec la référence DSS2

3C138 Détection : ??? Image Vespera : 2025/02/26 21:35:49

Aucun signal sur l'image Vespera dans la zone indiquée par Astro-COLIBRI

AT 2025gcz Détection : 2025-03-27 21:16:40 Image Vespera : 2025/02/26 21:35:49

Aucun signal sur l'image Vespera dans la zone indiquée par Astro-COLIBRI

ZTF25aalyfoi Détection : 2025-04-08 04:46:32 Image Vespera : 2025/04/08 22:16:49

Correspond à la supernova SN 2025hda d'après TNS, de mag 17.1, dans la galaxie hôte UGC8264. On ne la voit pas sur l'image de la Vespera. La galaxie semble même moins brillante que sur l'image de référence.