



Astronomie

multi-messagers



canva

L'astronomie multi-messagers est l'observation des événements astronomiques par le biais de différents signaux de nature physique différente.

Dans le passé, nous ne pouvions observer l'Univers qu'à l'aide de signatures lumineuses visibles.

Ensuite, nous sommes passés à une astronomie multi longueurs d'ondes avec les rayons gamma, les rayons X, UV et les ondes radio depuis le domaine décimétrique jusqu'au submillimétrique

Aujourd'hui, nous avons accès à une nouvelle forme d'observation avec les ondes gravitationnelles: les vibrations de l'espace-temps, émises lors des événements violents.

des signaux

TABLE DES MATIÈRES

01

*Comment tout à
commencé ?*

02

Comment ça marche ?

03

Pour quel objectif ?

04

Associez l'image au son



01 COMMENT TOUT A COMMENCÉ ?

Einstein prédit l'existence
des ondes gravitationnelles
en 1916

Les premières
expérimentations débutent
dans les années 60

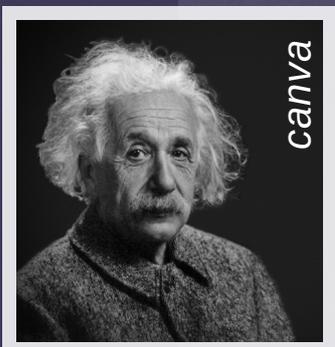
Les premières observations
dans les années 90

La première détection
directe en 2015

Le premier événement
multi-messagers combinant
ondes gravitationnelles et
lumière en 2017

1916 – 2015

2017

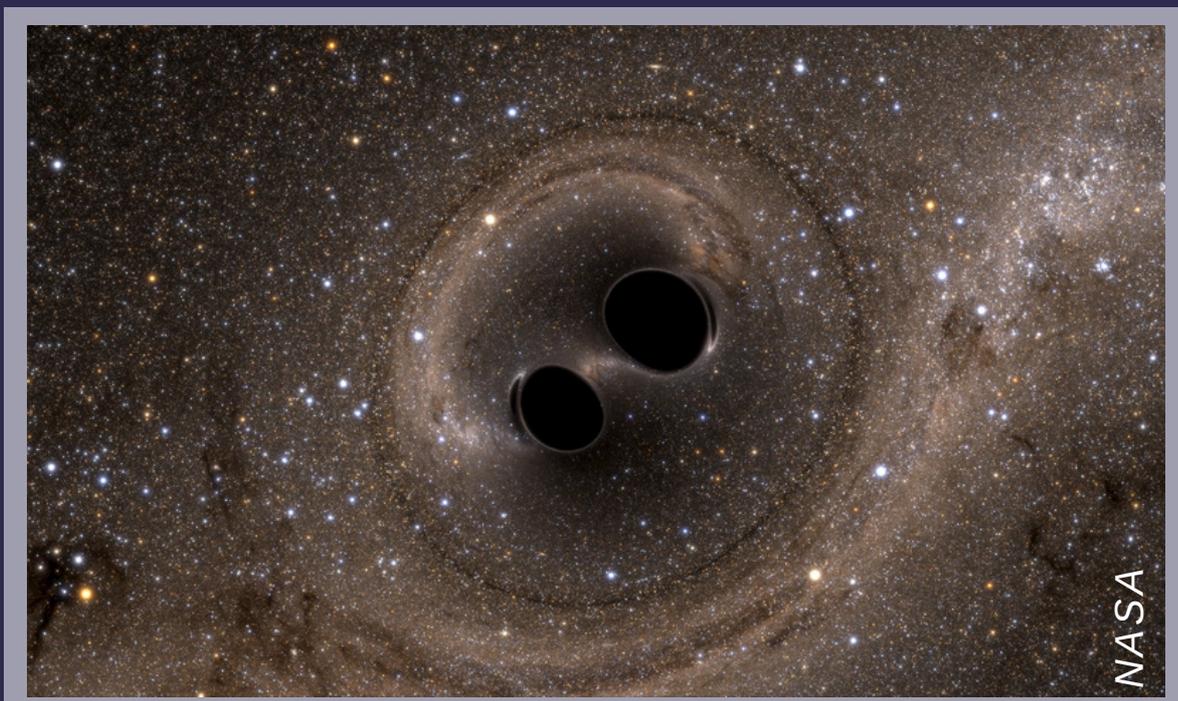


02 COMMENT ÇA MARCHE ?

Les événements que l'on cherche à observer sont les coalescences entre deux objets astronomiques compacts : les trous noirs et les étoiles à neutrons.

Les coalescences correspondent au moment où ces objets entrent dans la phase finale de rotation l'un autour de l'autre jusqu'à entrer en collision et fusionner.

L'émission d'ondes gravitationnelles est alors à son pic d'amplitude.



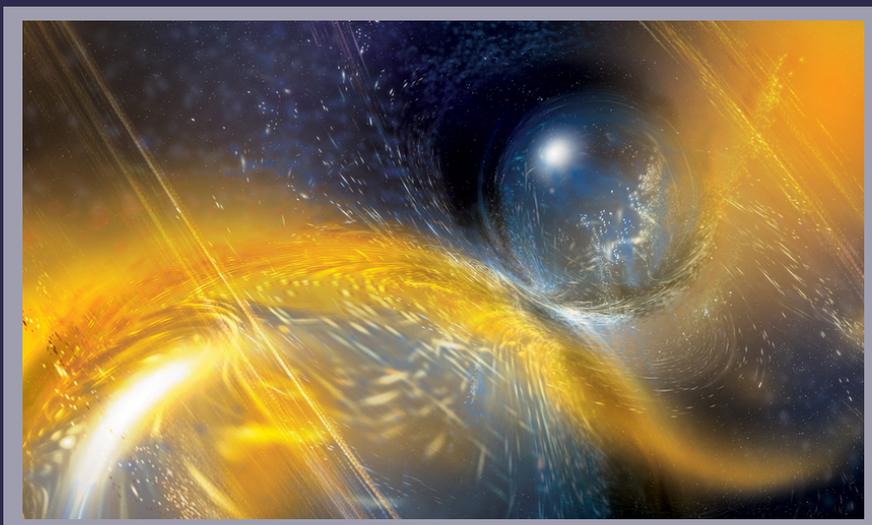
Représentation d'une coalescence entre deux trous noirs

02 COMMENT ÇA MARCHE ?

Lorsqu'il y a au moins une étoile à neutron impliquée dans la coalescence, il y a la formation de noyaux lourds et instables par capture rapide de neutrons et protons, appelée processus-r, pendant et après la collision.

Les noyaux nouvellement formés sont essentiellement instables et se désintègrent jusqu'à ce que des noyaux stables soient formés. C'est pendant ce processus que des éléments lourds, comme l'or, sont produits.

Les kilonovae sont la manifestation de cette activité radioactive grâce à la chaleur qu'elle produit. Elles sont entre 1 000 à 10 000 fois plus lumineuses que les novae et entre 10 à 100 fois moins lumineuses que les supernovae.



Représentation d'une coalescence entre une étoile à neutron et un trou noir

02 COMMENT ÇA MARCHE ?

L'interféromètre est un outil comprenant deux Fabry Perot dans les deux bras d'un Michelson. Au passage de l'onde, le chemin optique varie entre les deux bras. Selon l'orientation de l'onde, l'un des bras subira une expansion et l'autre une rétractation.

Il en existe actuellement 4 en service :

- Virgo Cascina, Italie
- Ligo Livingston, Etats-Unis
- Ligo Hanford, Etats-Unis
- Kagra Mozumi, Japon

GEO600, près d'Hannover en Allemagne, sert de base pour les testes d'améliorations technologiques des interféromètres.

En analysant le temps d'arrivée de l'onde sur les 3 sites de mesure, il est possible de déterminer la zone dans le ciel où s'est produit l'événement par triangulation.



Photo de l'interferomètre Virgo

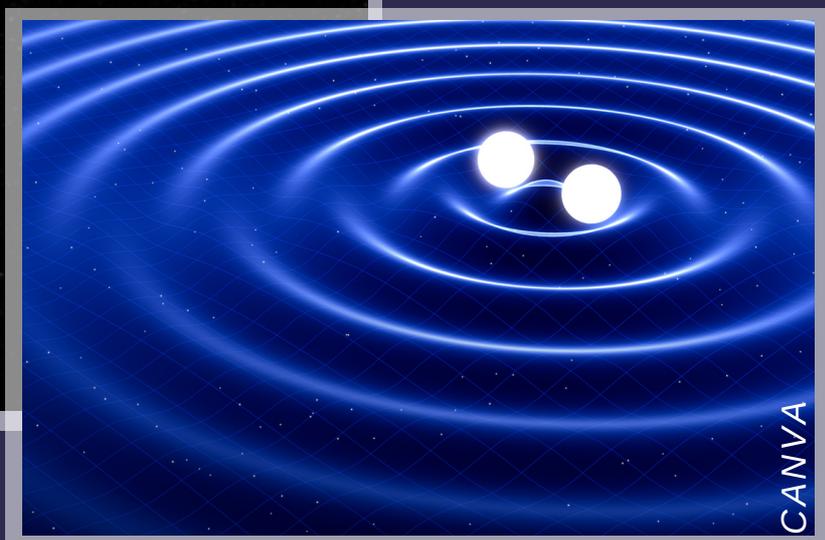
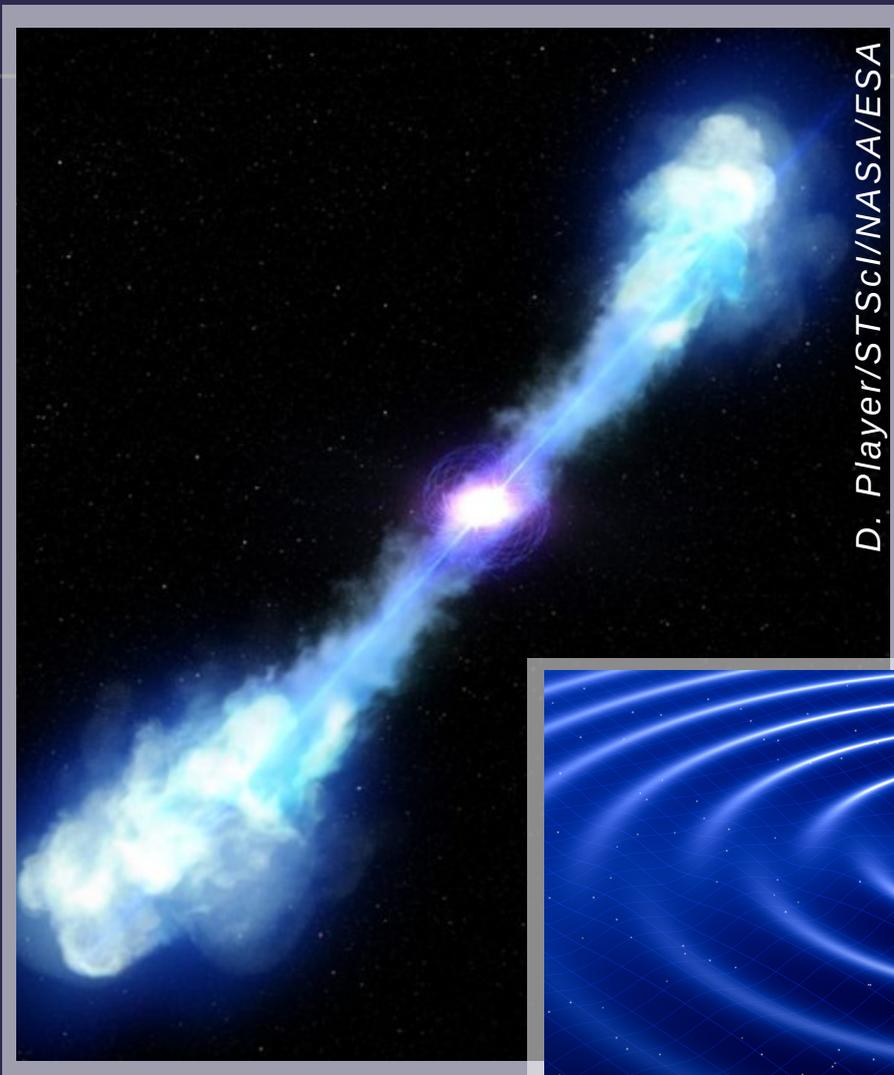
03

POUR QUEL OBJECTIF ?

L'étude des phénomènes violents permet de jeter un regard nouveau sur notre Univers et ses mécanismes, notamment son taux d'expansion.

Elle permet aussi de comprendre comment sont synthétisés les éléments chimiques lourds et également tester la physique dans des conditions extrêmes où la matière est ultra-condensée.

Fait intéressant : Durant l'événement de 2017, il a été produit 10 fois la masse de la Terre en or.



Representation d'une coalescence entre de deux étoiles à neutrons

04 ASSOCIEZ L'IMAGE AU SON

Dès qu'une onde gravitationnelle est captée, une alerte est envoyée à l'ensemble des télescopes de la collaboration qui vous invite à chercher le signal lumineux associé à cet événement.

C'est une course contre la montre car l'éclat de la source lumineuse diminue rapidement.



Avant de faire parti de nos contributeurs, vous avez quelques étapes à compléter muni des caractéristiques de votre télescope.

bienvenue

1 REJOIGNEZ KILONOVACATCHER

<http://kilonovacatcher.in2p3.fr/>



Choisissez un nom
d'utilisateur et un mot de
passe



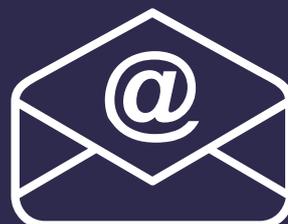
KILNOVA CATCHER VISIT GRANDMA MENU

PLEASE SIGN UP

Last name : First name : mail adress:

Username : Password :

Vérifiez votre compte via
le lien qui vous sera
envoyé par mail



2 INSCRIVEZ VOTRE TELESCOPE

- Onglet "telescope"
- Onglet « add telescope »



🏠 CAMPAIGN 🔭 TELESCOPE ▾ 📅 PREVIOUS EVENTS ⓘ MY OBSERVATIONS 📄 FAQ 👤 ACCOUNT ▾ 🚪 LOGOUT

YOUR TELESCOPE INFORMATIONS

NAME *

TCA, C2PU

ALIAS *

C2PU

TELESCOPE TYPE *

visible

TELESCOPE APPERTURE (METER) *

1.3



2 INSCRIVEZ VOTRE TELESCOPE

- Onglet "telescope"
- "list of my telescopes"

KILONOVA CATCHER

🏠 CAMPAIGN 🔭 TELESCOPE ✓ PREVIOUS EVENTS ⓘ MY OBSERVATIONS 📄 FAQ 👤 ACCOUNT 🚪 LOGOUT

LIST OF MY TELESCOPES
ADD TELESCOPE
COLLABORATIONS

LIST OF YOUR TELESCOPES

MY OWN TELESCOPES

Name	Alias	Aperture (m)				
TCA, C2PU	C2PU	1.3	Modify Telescope	Add an observatory	Add an instrument	Delete Telescope

details Observatories: Instruments:

TCA, C2PU	Instr. name: TCA, C2PU
Latitude : 43.75203	FoV (sq.deg): 0.0529
Longitude : 6.92353	CCD Size X : 0.23
Altitude : 1320	CCD Size Y : 0.23
URL	Mode : 1
Delete	Delete

3 RECEVEZ VOS ALERTES



- En cas d'alerte : vous recevrez la carte du ciel de la region de l'onde gravitationnelle



S190425Z

EPS+45.50000 E +45.50000 Z367.00
Tg +2021H-0716-0130

T_{obs} = T₀ + 1.0H

NIGHT TIME



3 RECEVEZ VOS ALERTES



- Vous recevrez également le plan d'observation en fonction du champ de vue de votre télescope. Il s'agira soit de cibles correspondant à des galaxies susceptibles d'héberger le phénomène soit à une source transitoire pouvant être la source de l'événement

YOUR OBSERVATION PLAN

Show entries Search:

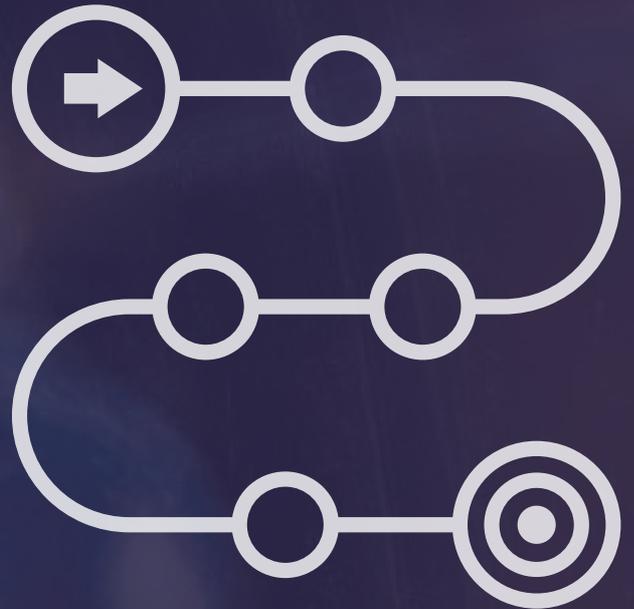
Target ID	Telescope	RA [deg]	DEC [deg]	Metric	host galaxy infos	Atadin view	# Images taken	Last observation	Upload FITS
735640	myTelescope	64.85525	-50.89837	0.0004			4	no data	Upload Fit
735638	myTelescope	63.05196	-53.21326	0.0003			2	no data	Upload Fit

File ID	Field Center RA	Field Center RA (HMS)	Field Center DEC	Field Center DEC (DMS)	Proba Metric 1	Proba Metric 2	Proba Metric 3	Galaxy Name	RA_center	DEC_center	redshift	err_redshift	distance
735660	66.58034	4:26:19.281	-49.23294	-49:13:58.5839999999997	0.0001823	0.0005113	0						
735659	59.09956	3:56:23.894	-53.87796	-53:52:40.6560000000006	0.000187	0.0005553	0						
735658	240.976	16:03:54.239	25.01058	25:0:634800000000006:38.0880000000003	0.0001308	0.0003102	0						
735657	255.56145	17:02:14.748	-20.74193	-20:44:30.948	8.955E-5	0.0003102	0						
735656	75.64349	5:02:34.437	-44.74092	-44:44:27.31200000001	0.0002276	0.0003982	0						
735655	55.49924	3:41:59.817	-38.03237	-38:1:56.5320000000001	7.04E-5	0.0002594	0						
735654	63.88172	4:15:31.612	-52.71168	-52:42:42.0480000000004	0.0002514	0.0004696	0						
735653	59.59738	3:58:23.371	-52.42978	-52:25:47.2080000000003	0.0001812	0.0002779	0						
735652	82.66754	5:30:40.209	-33.38784	-33:23:16.2239999999989	0.0001035	0.0002901	0						
735651	252.38817	16:49:33.160	6.01625	6:0:975000000000002:58.5000000000001	0.0001341	0.0004811	0						
735650	246.11432	16:24:27.436	19.48258	19:28:9548:57.2879999999995	9.863E-5	0.0004158	0						
735649	243.741	16:14:57.840	21.93831	21:56.2986:17.9160000000005	0.0001357	0.0004151	0						
735648	56.39412	3:45:34.588	-54.528	-54:31:40.7999999999995	0.0002074	0.0003489	0						
735647	82.07702	5:28:18.484	-35.98862	-35:59:19.0319999999991	0.0001431	0.0002601	0						
735646	72.46522	4:49:51.652	-46.13195	-46:7:55.0200000000012	0.0002639	0.0003383	0						
735645	70.64703	4:42:35.287	-47.49878	-47:29:55.6079999999987	0.000119	0.0002982	0						
735644	75.35506	5:01:25.214	-44.88061	-44:52:50.1959999999999	0.0002387	0.0005722	0						
735643	56.79628	3:47:11.107	-54.56789	-54:35:16.4040000000006	0.0002016	0.0003965	0						
735642	72.46522	4:49:51.652	-46.13195	-46:7:55.0200000000012	0.0002639	0.0003383	0						
735641	89.3494	5:57:23.856	-18.50941	-18:30:33.8759999999997	5.517E-5	0.0002819	0						
735640	64.85525	4:19:25.259	-50.89837	-50:53:54.132	0.0003664	0.001464	0						
735639	83.59763	5:34:23.431	-30.80098	-30:48:3.5279999999996	9.457E-5	0.000527	0						
735638	63.05196	4:12:12.470	-53.21326	-53:12:47.7359999999994	0.0002397	0.0002847	0						
735637	78.689	5:14:45.359	-14.44864	-14:26:55.1039999999997	0.0001244	0.000282	0						
735636	252.08989	16:48:21.573	6.22276	6:13.3656:21.936	0.0001245	0.0005066	0						



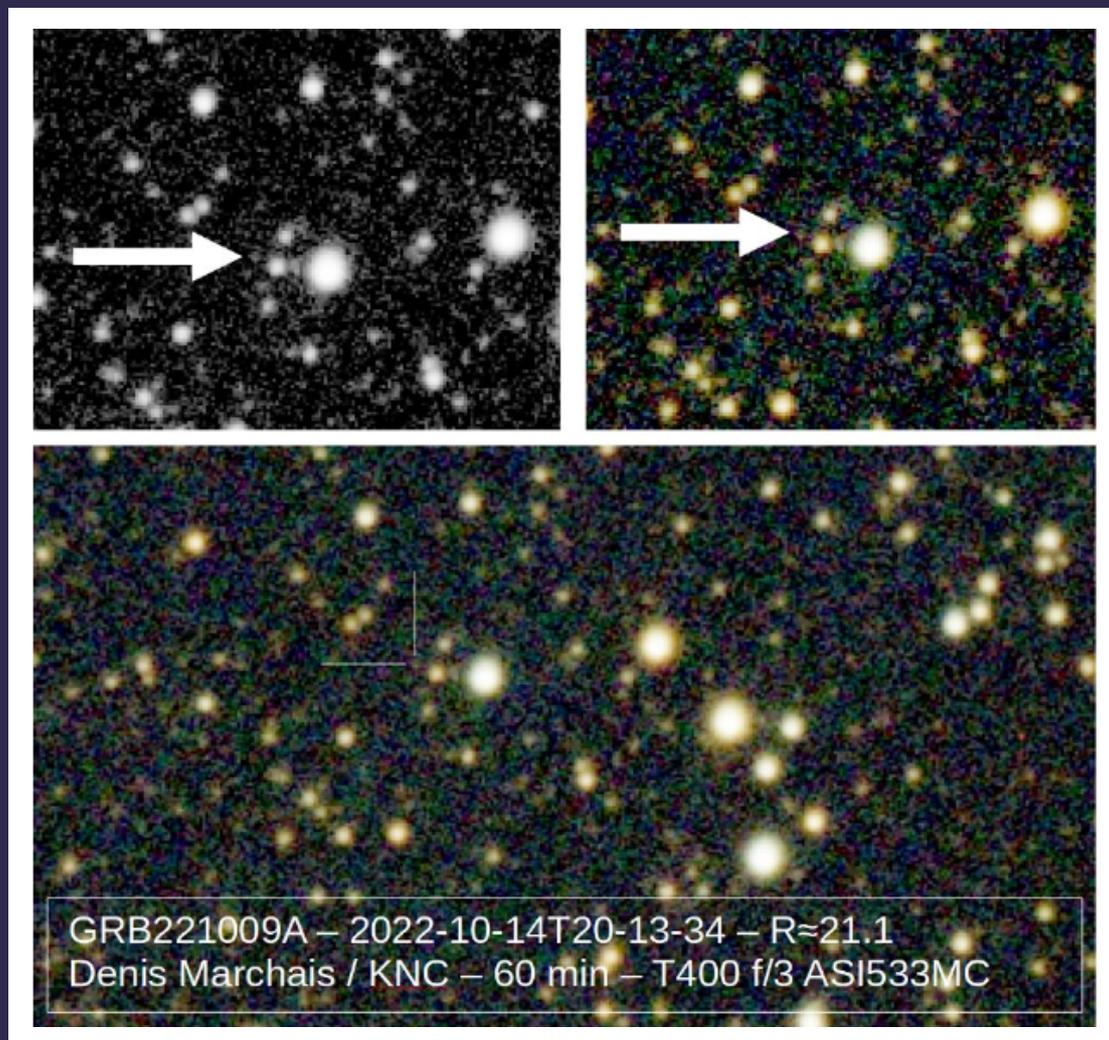
4 PARTAGEZ VOS IMAGES... QUELQUES RÈGLES À SUIVRE

- Favorisez les images compilées si vous avez pris plusieurs images pendant l'heure d'observation d'une cible
- Favorisez le meilleur ratio signal/bruit : SNR
- Délivrez des images au format FITS
- Prétraitez toujours vos images en retirant au moins le bias moyen (ou offset moyen) et le dark moyen. La correction par le Flat est facultatif. Calibrez astrométriquement vos images par exemple avec le catalogue Gaia
- Nommez vos fichiers sans espace ni "+" ni "-" et sans accents
- Vérifiez que vous déposez l'image sur la bonne cible



Pour vous assurer de l'exploitabilité de vos images avant tout envoi, et permettra la calibration astrométrique si possible, utilisez :

[HTTPS://NOVA.ASTROMETRY.NET/UPLOAD](https://nova.astrometry.net/upload) 



Ci-dessus, nous avons une image du sursaut gamma GRB221009A observé depuis le 9 octobre 2022 par l'un de nos astronomes amateurs.

Il s'agit d'un événement exceptionnel et rare témoignant de l'effondrement d'une étoile massive en étoile à neutrons ou en trou noir. Bien que nous n'ayons pas pu capter les ondes gravitationnelles associées à cet événement, les interféromètres étant à l'arrêt, nous avons ici un exemple typique du type d'images que nous attendons de vous.

Au total, les astronomes du projet kilonova-catcher nous ont transmis plus de 200 observations.

Ces images constituent une source d'information précieuse pour l'étude de la formation des trous noirs.



KILONOVA CATCHER ET LE RÉSEAU GRANDMA



Carte des telescopes affiliés au réseau GRANDMA

KiloNova Catcher est une plateforme scientifique développée par le réseau GRANDMA en collaboration avec l'Université de Paris Cité.

Elle permet à tous les astronomes amateurs de contribuer aux observations des contre-parties optiques ondes gravitationnelles, afin d'optimiser toutes nos ressources au service de l'astronomie gravitationnelle.

L'événement multi-messagers du 17 Août 2017 aura mobilisé plus de 70 télescopes terrestres et spatiaux y compris le télescope Hubble.

RENCONTREZ L'EQUIPE



DAMIEN TURPIN

*Responsable du projet
Kilonova-catcher
Astrophysicien, CEA,
Saclay*

damien.turpin@cea.fr



SARAH ANTIER

*Responsable du projet
GRANDMA
Astrophysicienne
Observatoire de la Côte
d'Azur*

sarah.antier@oca.eu



ALAIN KLOTZ

*Expert astronome
Professeur des
universités
IRAP, Toulouse*

alain.klotz@irap.omp.eu



<https://grandma.ijclab.in2p3.fr>



[@grandmacollaboration](https://www.youtube.com/@grandmacollaboration)

N'hésitez pas à nous contacter pour toutes vos questions sur notre organisation !



Les programmes GRANDMA et Kilonova-catcher sont soutenus par

