

Vers un réseau coordonné français d'observateurs d'occultations

J.Desmars¹, F.Colas², A.Leroy³, T.Midavaine⁴, G.Langin⁵

¹IPSA – IMCCE – Observatoire de Paris

²IMCCE – Observatoire de Paris

³Uranoscope

⁴SAF

⁵AFA



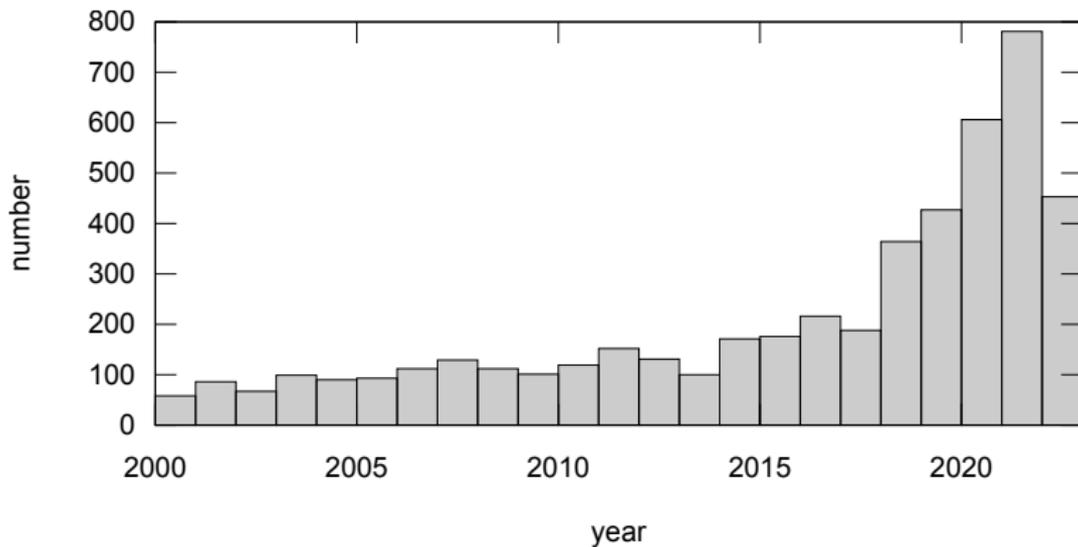
Plan

- ▶ Quelques statistiques
- ▶ Deux exemples récents caractéristiques → nouveaux besoins
- ▶ Etat des lieux du réseau français → coordination
- ▶ Campagne d'occultations des cibles Lucy en France

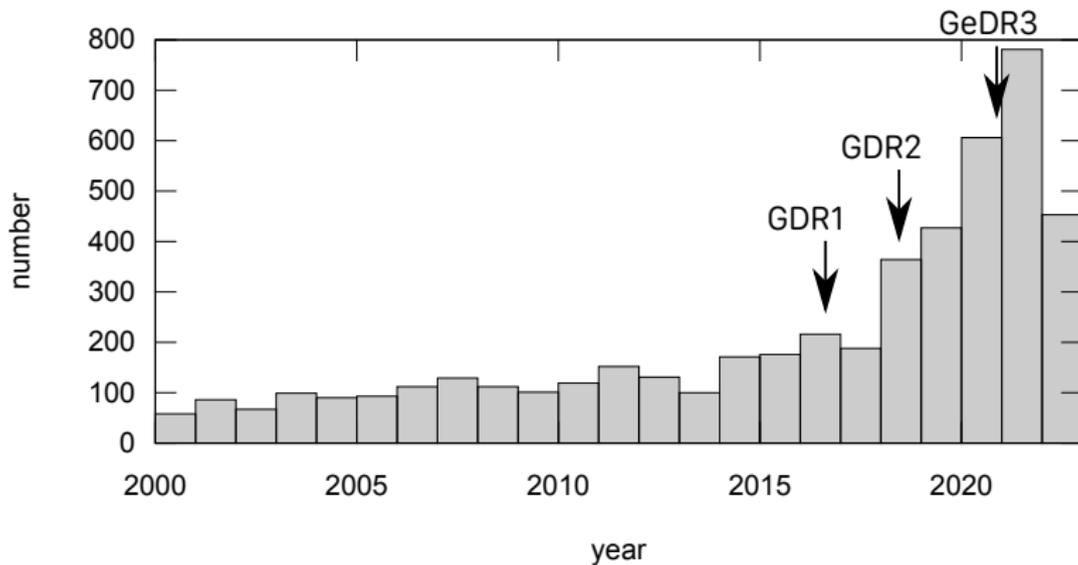
Rappel sur les occultations

- ▶ Passage d'un objet du système solaire (astéroïde, satellite, comète, etc...) devant une étoile lointaine
- ▶ Le phénomène est visible sur une portion seulement de la surface terrestre, pendant une courte durée.
- ▶ Il peut être observé avec un équipement modeste : télescope, caméra rapide, système de datation
- ▶ L'observation donne une courbe de lumière → temps d'immersion et d'émersion
- ▶ L'analyse globale de l'occultation permet de mesurer les caractéristiques physiques (taille, forme) avec précision au km, sonder l'environnement (satellite, anneaux), ou l'atmosphère (pression au nanobar)

Nombre de cordes positives par an (Euraster)

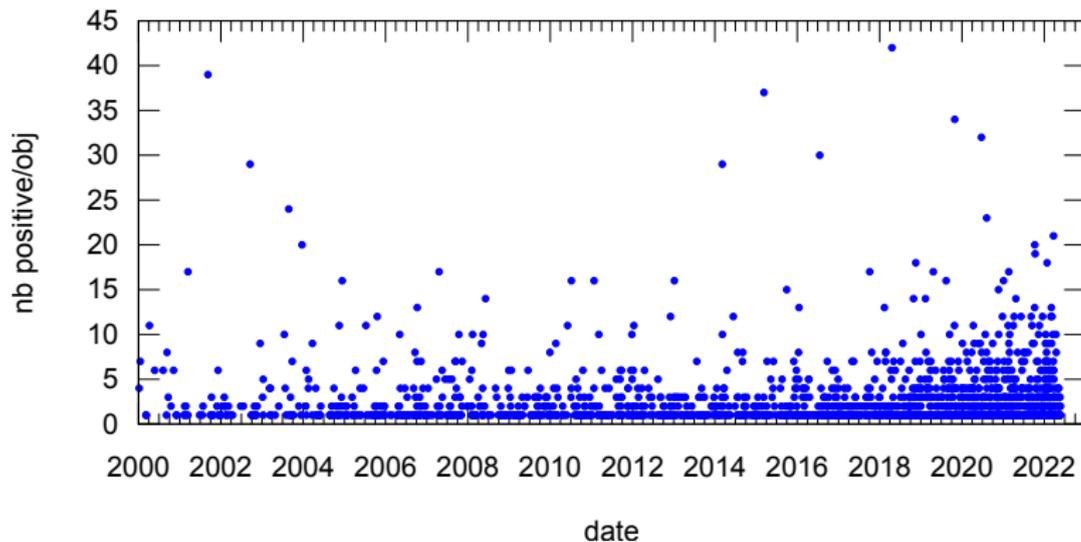


Nombre de cordes positives par an (Euraster)



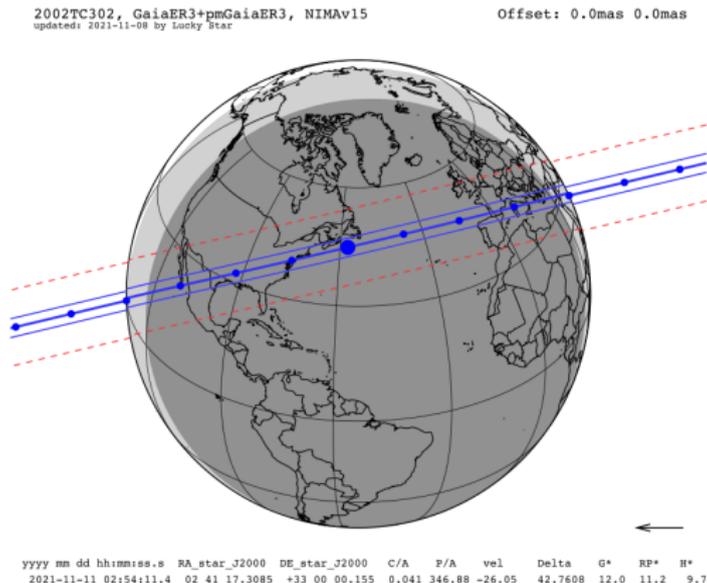
Gaia

- ▶ L'arrivée du catalogue Gaia a changé la donne pour les occultations
- ▶ Meilleure position des étoiles (< 1 mas) et meilleure éphéméride (1-50 mas)
- ▶ Plus d'occultations positives, plus de multi-cordes positives, occultations par des objets plus petits



Exemple : occultation multi-corde 2002 TC302 (2021.11.11)

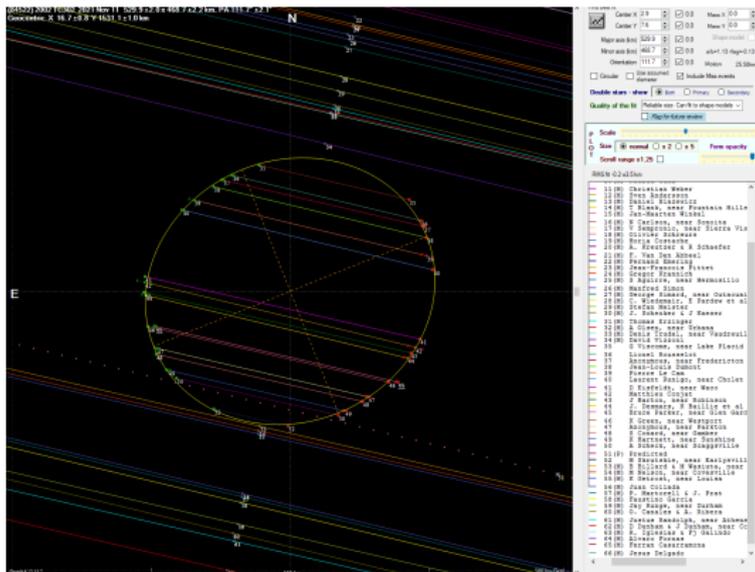
- ▶ Campagne Lucky Star
- ▶ 2002 TC302 : TNO (~ 530 km) à 43 au
- ▶ Occultation 2021.11.11
- ▶ 57 stations (19 pos, 25 neg)



Lucky Star

Exemple : occultation multi-corde 2002 TC302 (2021.11.11)

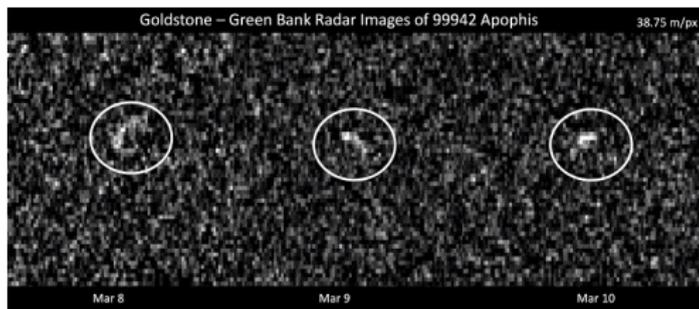
- ▶ Campagne Lucky Star
- ▶ 2002 TC302 : TNO (~ 530 km) à 43 au
- ▶ Occultation 2021.11.11
- ▶ 57 stations (19 pos, 25 neg)



Source : E.Frappa (Euraster)

Exemple : Apophis (Printemps 2021)

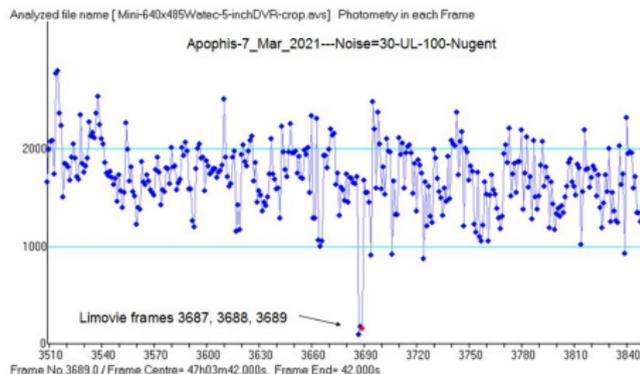
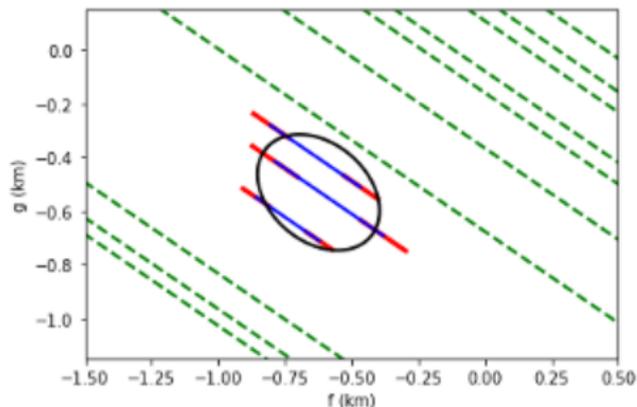
- ▶ Apophis est un astéroïde géocroiseur qui passe régulièrement à proximité de la Terre (2004, 2013, 2021, 2029, etc)
- ▶ Prédiction favorable pour Apophis en fev-mai 2021
- ▶ Apophis (~ 0.4 km) a une précision orbitale de qqs km en 2021
- ▶ Durée max d'occultation 0.1 sec
- ▶ Mesures radar les 3 et 5 mars \rightarrow prediction à 1-2 km pour le 7 mars



Source : NASA/JPL and NSF/AUI/GBO

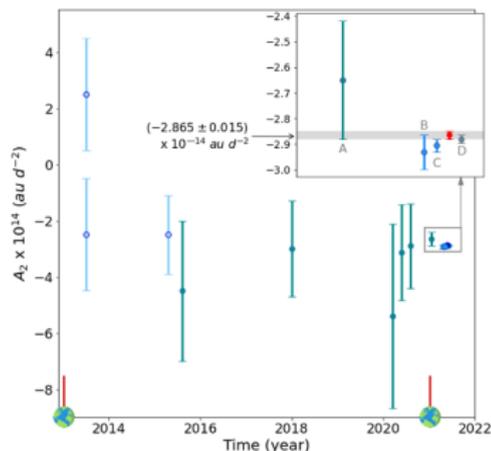
Campagne d'occultation d'Apophis en 2021

- ▶ **07 mars** : 3 positives (US)
- ▶ 11 mars : Grèce, 0 positive
- ▶ 22 mars (a) : Brésil, 0 positive
- ▶ **22 mars (b)** : 1 positive (US)
- ▶ **04 avril** : 3 positives (US)
- ▶ 10 avril : Japon (incertain)
- ▶ **11 avril** : 3 positives (US)
- ▶ **06 mai** : 2 positives (US)

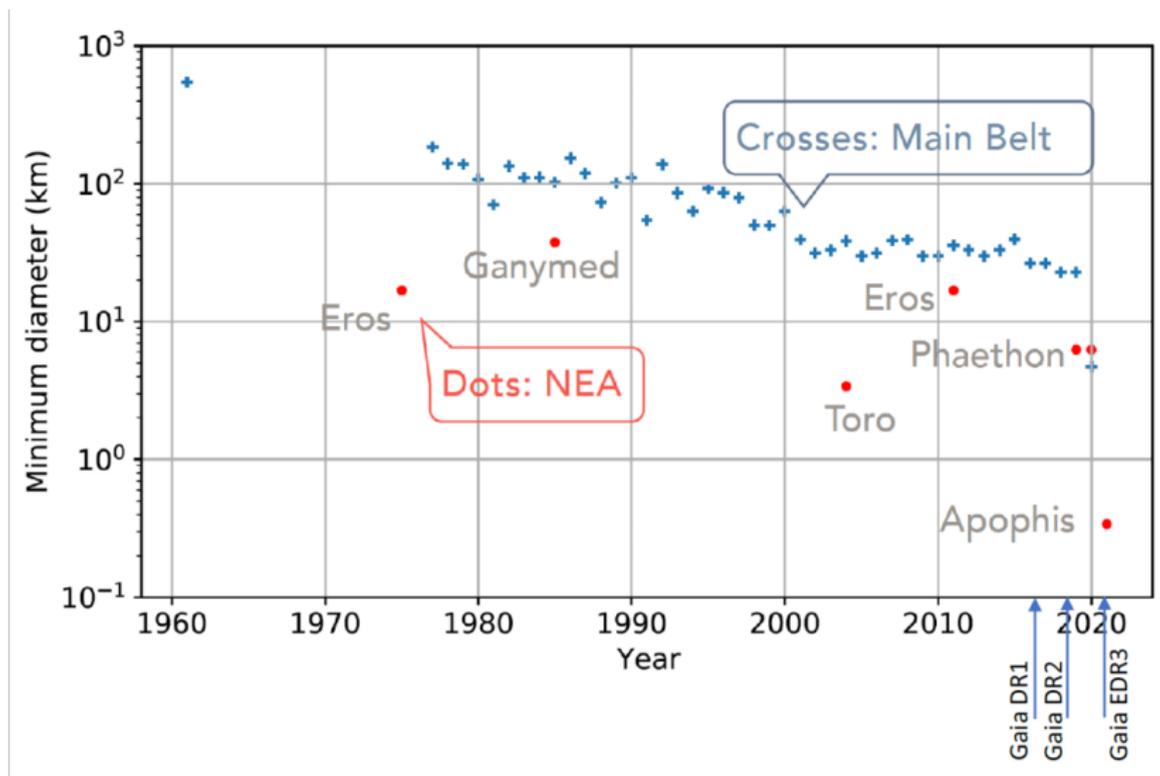


Résultats scientifiques

- ▶ 5 positions astrométriques très précises
- ▶ Estimation de l'effet Yarkovsky
 $A_2 = (-29.05 \pm 0.16) \times 10^{-15} \text{ au/d}^2$
- ▶ Distance minimale en 2029
 - ▶ Avant 2020-2021 : $38\,320.1 \pm 10.1 \text{ km}$ (sans A_2)
 - ▶ Avant 2020-2021 : $38\,075.5 \pm 751.2 \text{ km}$
 - ▶ Maintenant : $38\,011.2 \pm 0.8 \text{ km}$
- ▶ Travail toujours en cours d'analyse



Apophis unique ?



Source : P.Tanga et al. (PDC, 2021)

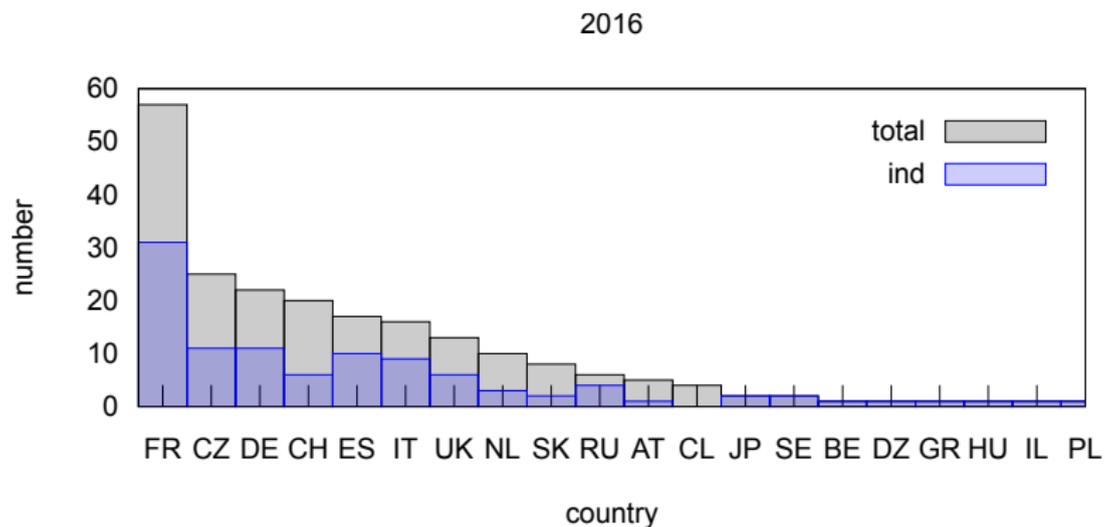
Apophis unique ?

- ▶ Ces observations ont été possibles :
 - ▶ catalogue Gaia
 - ▶ Données radar récentes
 - ▶ observateurs organisés et équipés
 - ▶ Les NEAs se déplacent rapidement et à parfois à proximité de la Terre
 - ▶ Les chances d'avoir une occultation sont multiples et aussi avec des étoiles brillantes
 - ▶ Pas besoin de gros télescopes mais un **nombre important et coordonné de stations** est nécessaire
- **ACROSS** Program <https://lagrange.oca.eu/fr/home-across>
→ **voir la présentation de João Ferreira**

Futur des occultations

- ▶ Programme scientifique d'occultations : Lucky Star, ACROSS, campagnes ponctuelles
- ▶ Mode routinier : on observe depuis chez soi
- ▶ Cible d'intérêt scientifique → campagne spécifique
- ▶ Nécessité d'être organisé et équipé

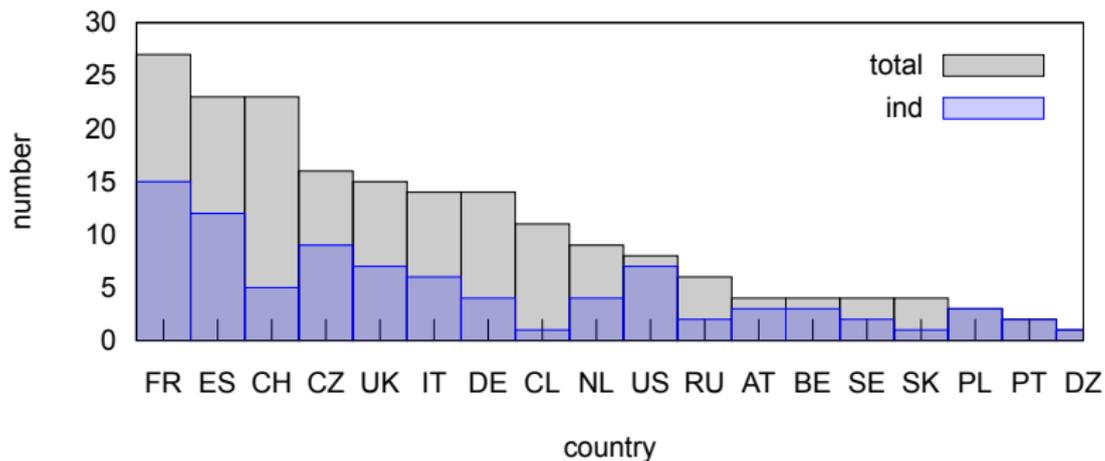
Le réseau français d'observateurs



D'après les données d'Euraster

Le réseau français d'observateurs

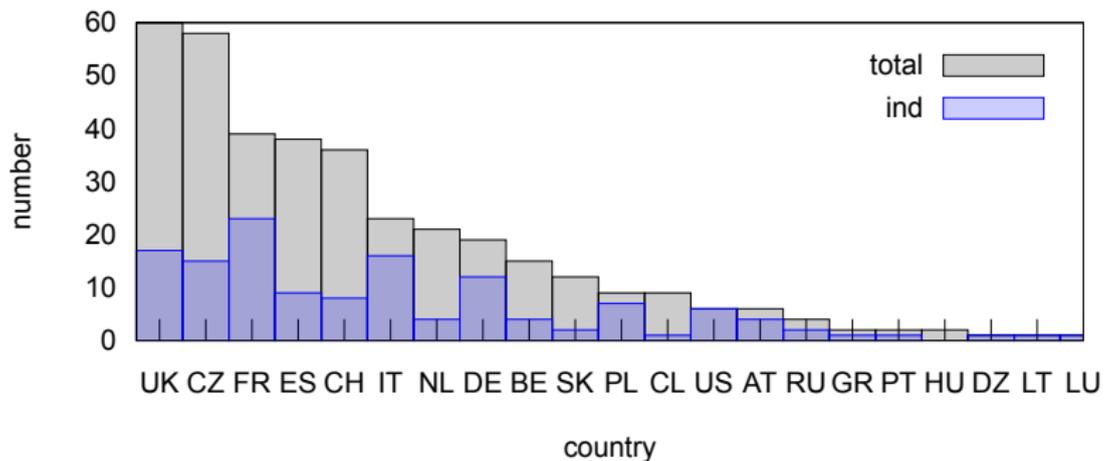
2017



D'après les données d'Euraster

Le réseau français d'observateurs

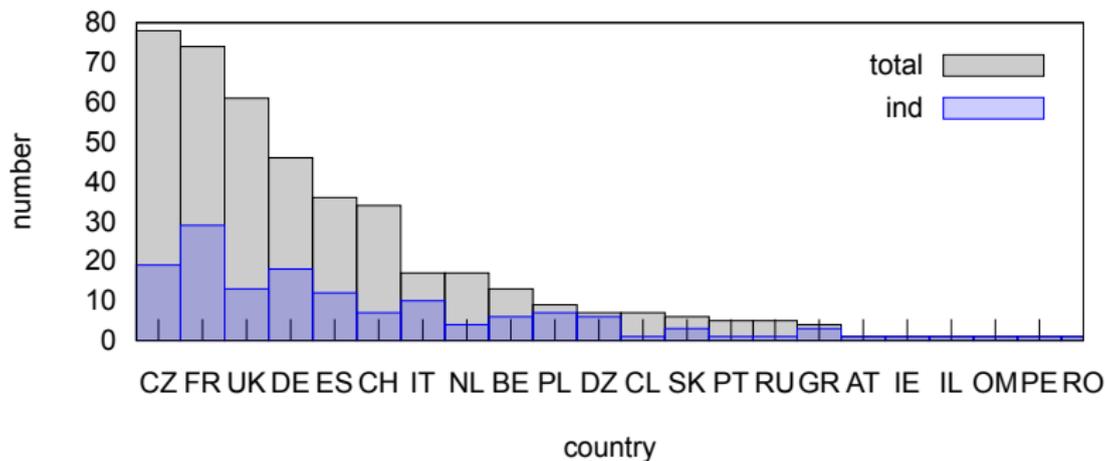
2018



D'après les données d'Euraster

Le réseau français d'observateurs

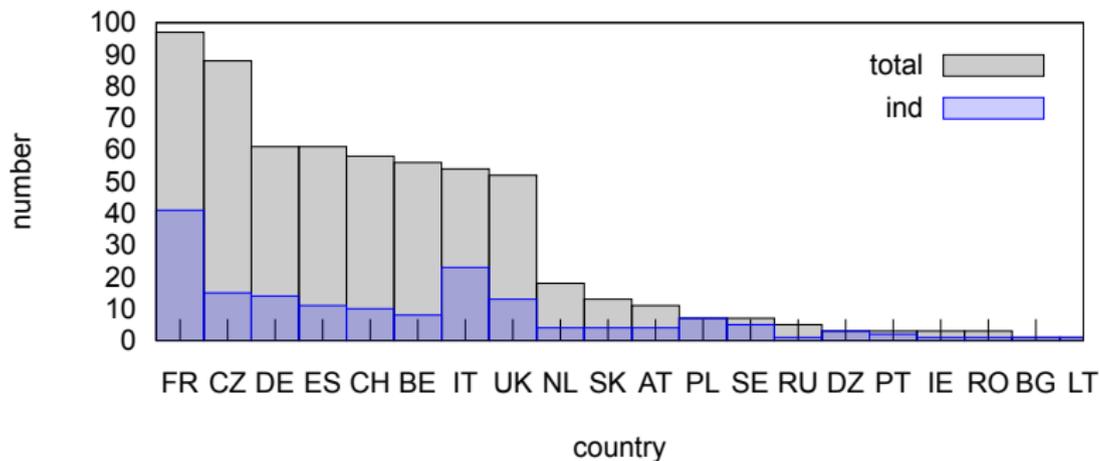
2019



D'après les données d'Euraster

Le réseau français d'observateurs

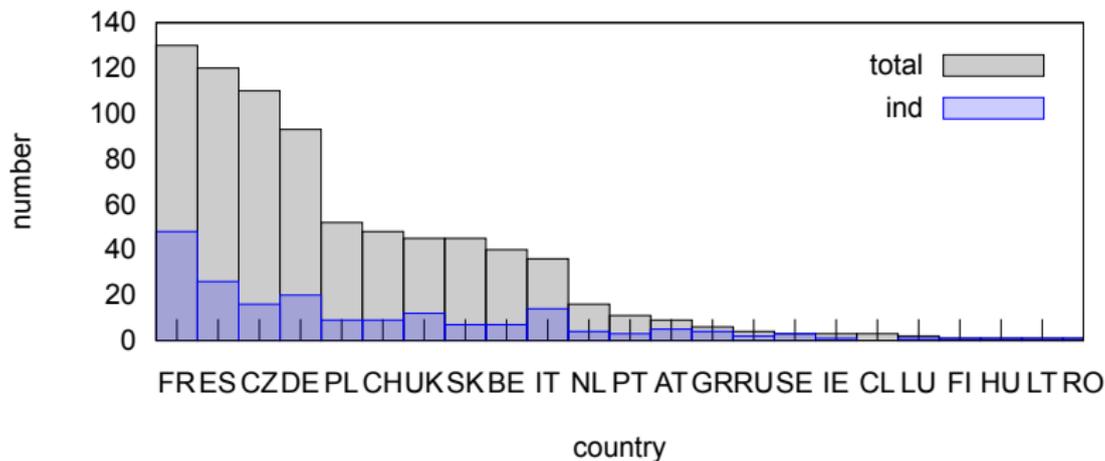
2020



D'après les données d'Euraster

Le réseau français d'observateurs

2021



D'après les données d'Euraster

Le réseau français d'observateurs

- ▶ Un des plus actifs d'Europe
- ▶ 30 à 40 observateurs différents chaque année, 60-130 cordes positives chaque année
- ▶ Équipement nécessaire : telescope, caméra rapide, système de datation précis
- ▶ Coordination au niveau européen :
 - ▶ IOTA-ES : mailing list, appel à observation
 - ▶ Euraster : centralisation des résultats

Coordonner ce réseau

- ▶ Principalement pour des cibles d'intérêt scientifique et petits (NEAs, Troyens, TNOs, Centaures)
- ▶ AO ProAm Observatoire de Paris → matériel (Time-box en 2022)
- ▶ Cibler les besoins/moyens pour le futur

Occultations de troyens de la mission LUCY

- ▶ Un premier test grandeur nature
- ▶ 3 astéroïdes troyens cibles de la mission LUCY
- ▶ 4 occultations visibles cet automne depuis la France
 - ▶ Polymele (26 août)
 - ▶ Eurybates (23 octobre)
 - ▶ Orus (16 décembre)
 - ▶ Polymele (27 décembre)

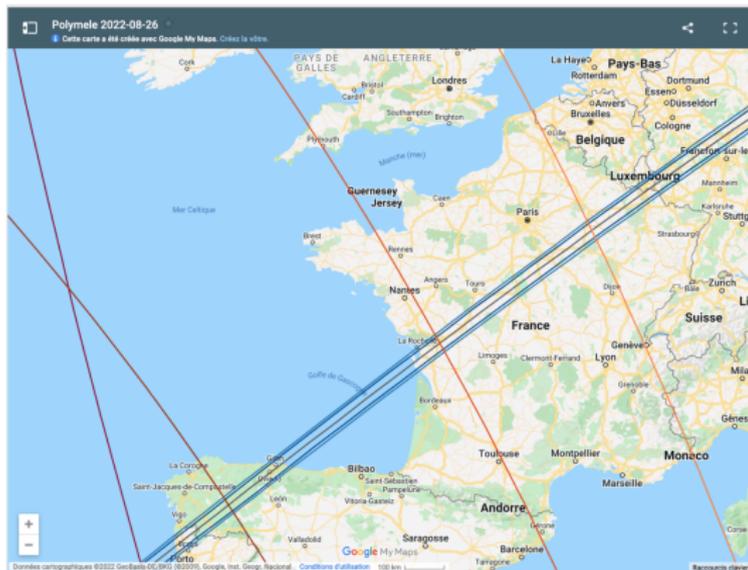
<http://lucy.swri.edu/occultations.html>
Attention aussi sur Lucky Star mais c'est SwRI qui fait fo

Voir aussi présentation demain à l'Atelier Photométrie



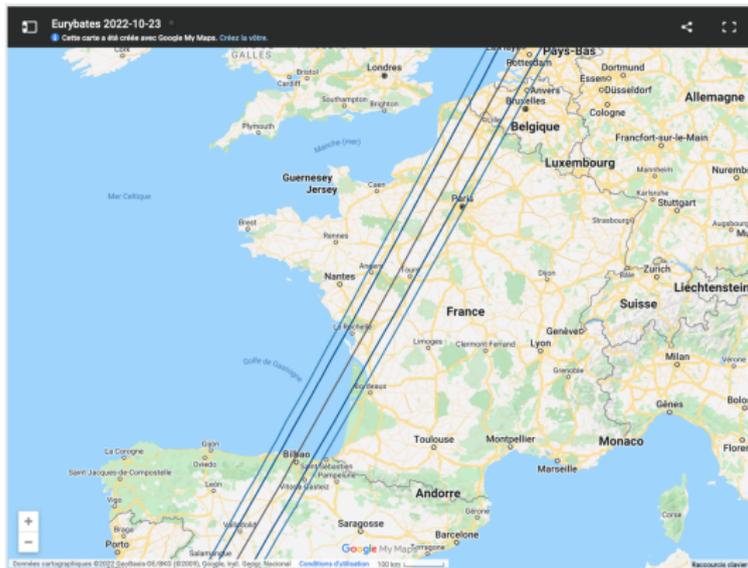
Polymele 26 août

- ▶ 4h05 TU (crépuscule)
- ▶ magnitude 12.8
- ▶ durée max : 0.9sec
- ▶ élévation faible → ouest



Eurybates 23 octobre

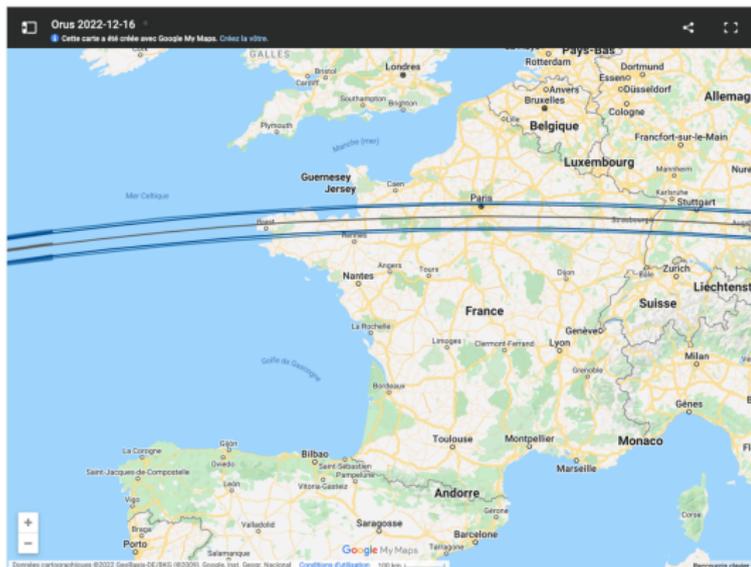
- ▶ 2h07 TU
- ▶ magnitude 8.7
- ▶ durée max : 10sec
- ▶ accessible avec petit télescope (même APN)



→ Grosse campagne (NASA/SwRI, Obs.Paris, AFA, SAF)

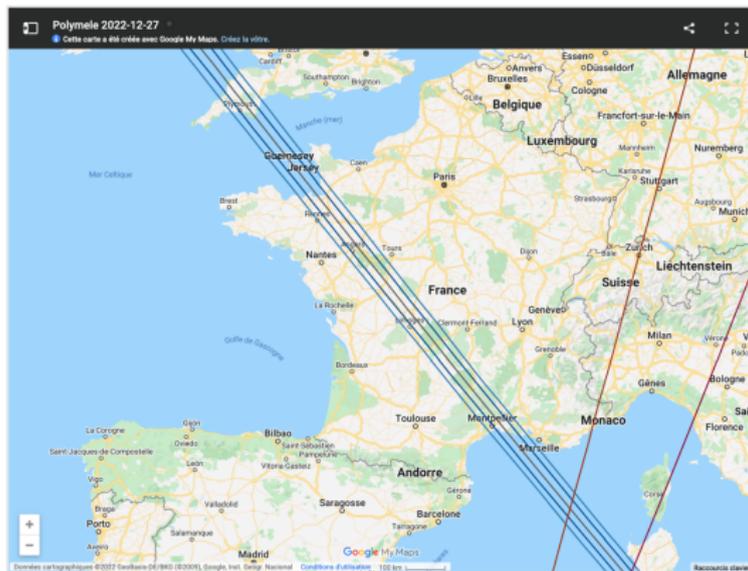
Orus 16 décembre

- ▶ 1h20 TU
- ▶ magnitude 14.8
- ▶ durée max : 3.3 sec



Polymele 27 décembre

- ▶ 5h20 TU
- ▶ magnitude 14.4
- ▶ durée max : 1.7 sec



Coordination campagne Lucy

- ▶ Marc Buie (NASA/SwRI) donnera des indications dans les jours/semaines précédentes : dernière prédiction, nb de stations complètes fournies, etc
- ▶ Les données d'occultation seront à fournir à la NASA (au moins pour les stations NASA)
- ▶ Arnaud Leroy a déjà fait un appel à participation aux occultations Lucy (au moins 21)
- ▶ Pour Eurybates, campagne destinée au grand public car accessible à des petits instruments
- ▶ AFA proposera d'observer en fonction de son équipement (station complète à appareil photo)
- ▶ Identification des observatoires/observateurs qui nécessitent des time-box