



# Une aventure pédagogique multi-messagère

Bernard Degrange  
& Isabelle Grenier

# CAT

- proposition 1993
- Mrk 501 avril 1997
  - ◆ faisceau  $\gamma$  d'étalonnage mais urgence d'annonce
- Tcherenkov (Павел Алексеевич Черенков)

*"Etrange de pouvoir faire de la bonne astronomie dans un tel endroit"*

*B.D. Libération 1998*

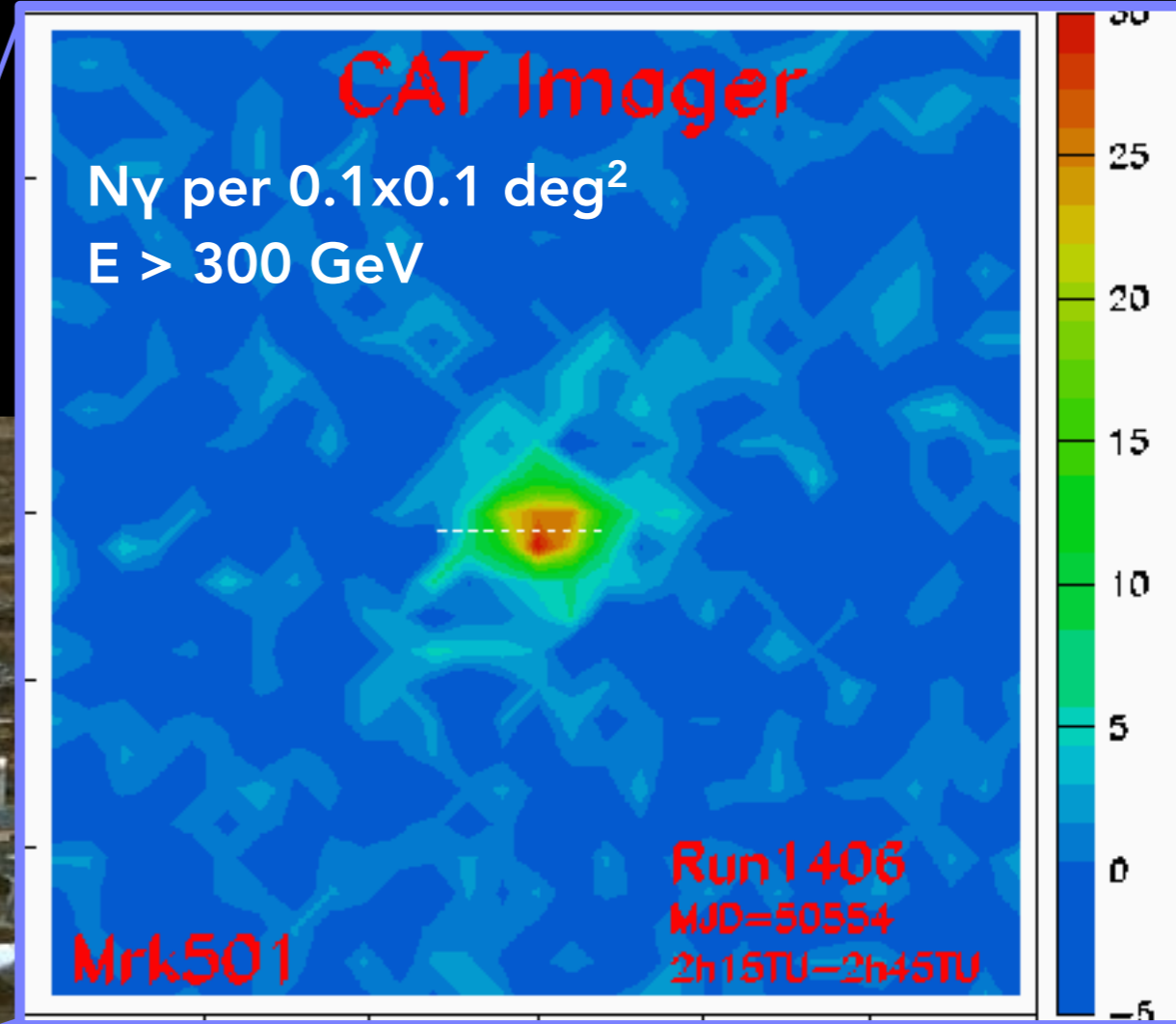
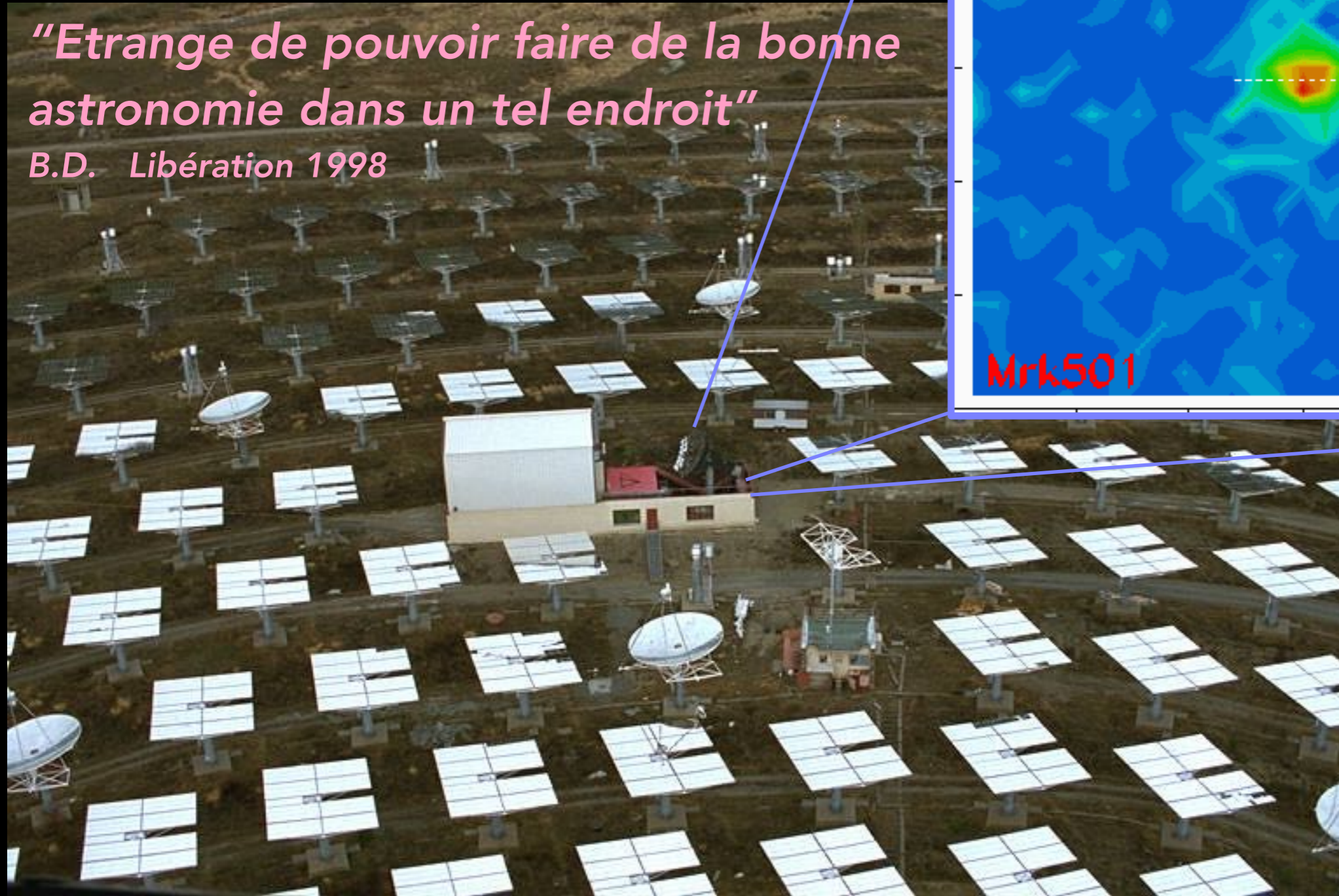


# CAT

- proposition 1993
- Mrk 501 avril 1997
  - ◆ faisceau  $\gamma$  d'étalonnage mais urgence d'annonce
- Tcherenkov (Павел Алексеевич Черенков)

*"Etrange de pouvoir faire de la bonne astronomie dans un tel endroit"*

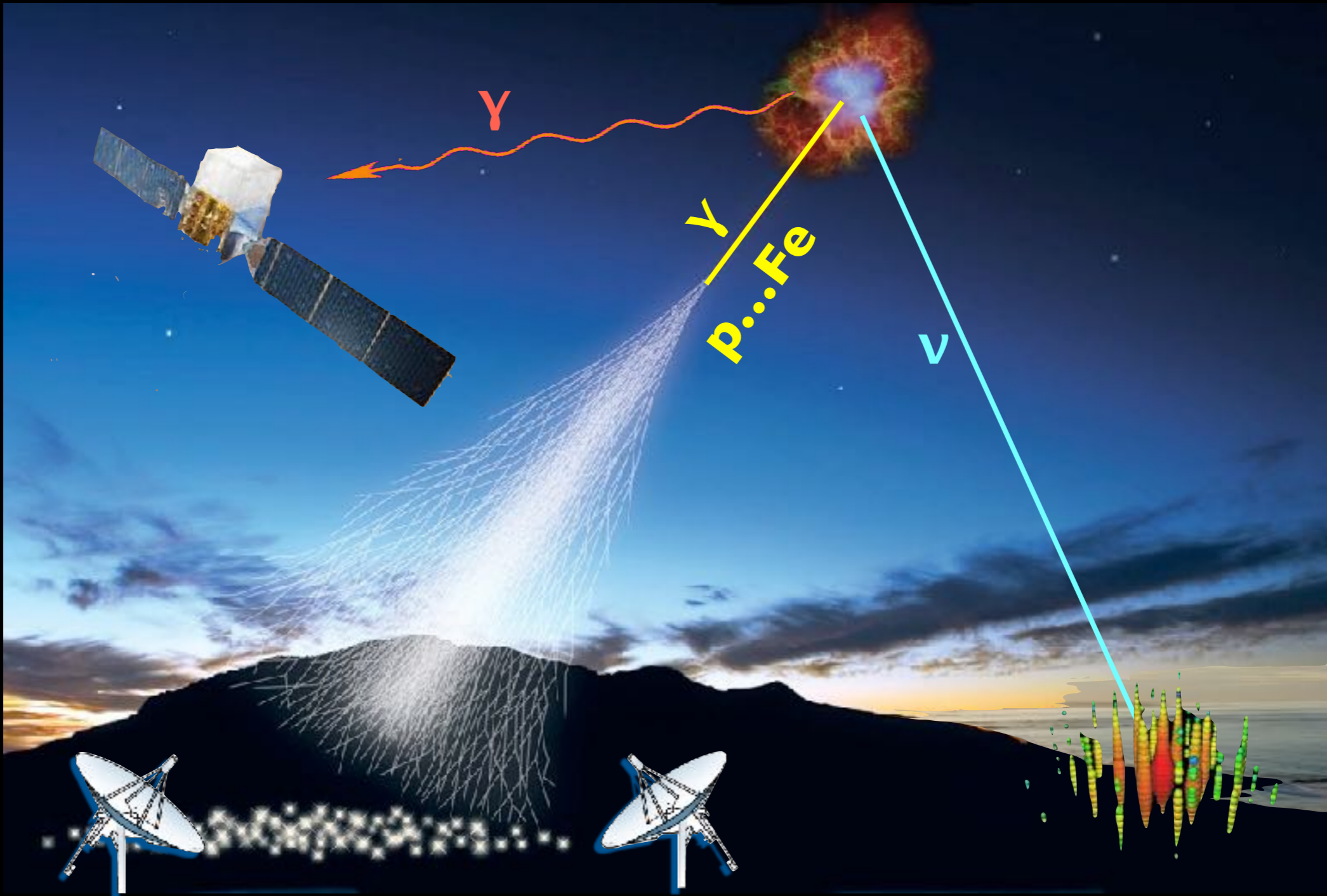
*B.D. Libération 1998*



# duo à NPAC 2002-2009

- 🌐 instruments et méthodes de détection
  - détecteurs de particules, calorimétrie, gerbes atm, fluorescence, Tcherenkov
  - ✦ détecteurs de neutrinos
  - ✦ détecteurs X et  $\gamma$  spatiaux

- 🌐 physique des sources et questions ouvertes
  - ✦ ondes de choc et restes de supernova
  - ✦ pulsars et plérions
  - ✦ (micro)-quasars et jets



# Deux parties pour ce cours

- Méthodes expérimentales pour l'étude du rayonnement cosmique.

Nouveaux projets spatiaux.

Détecteurs de grandes gerbes à partir du sol.

Projets de détecteurs de neutrinos.

- Les astronomies X et  $\gamma$ .

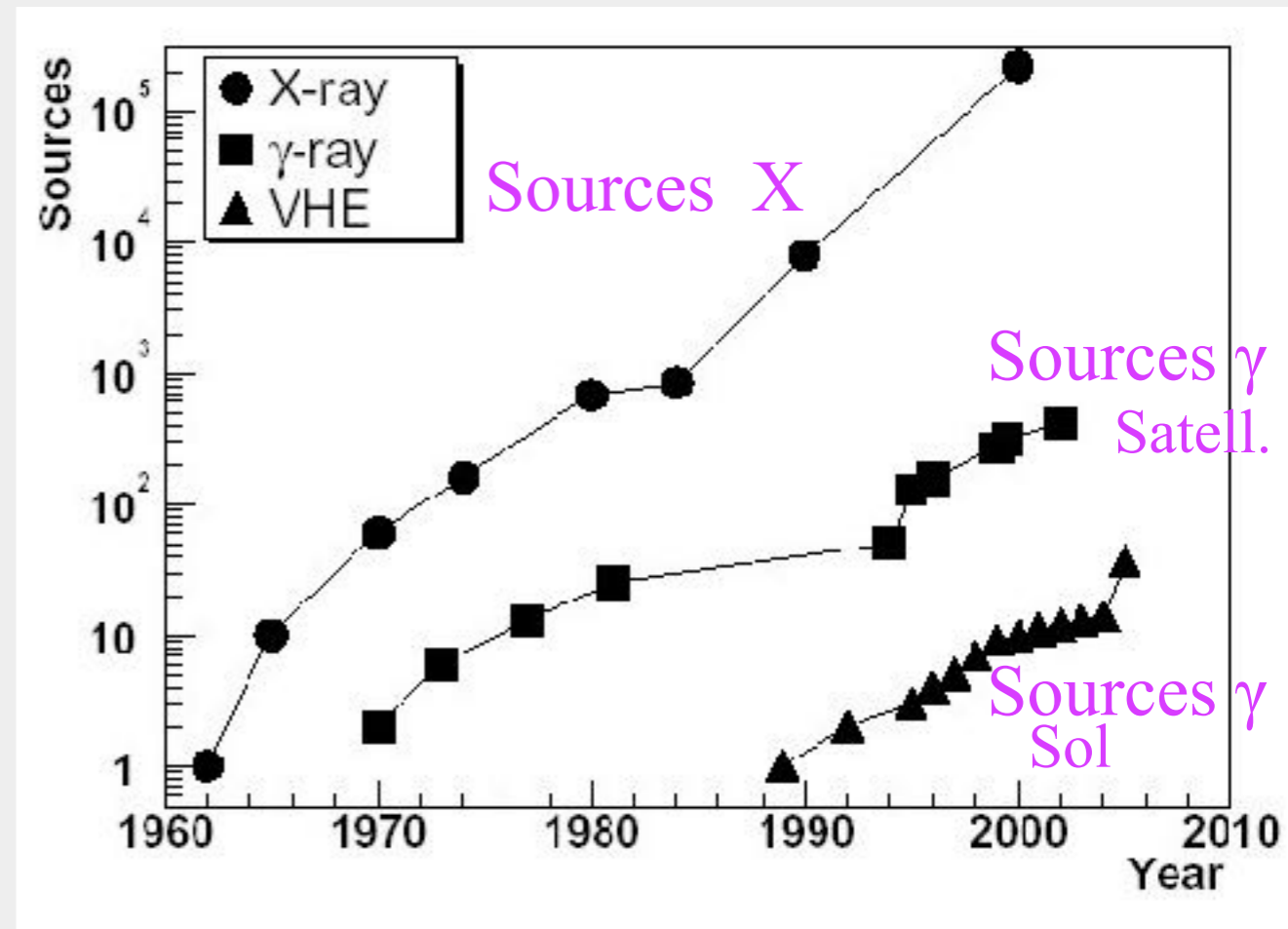
Télescopes à rayons X.

Masques à ouverture codée.

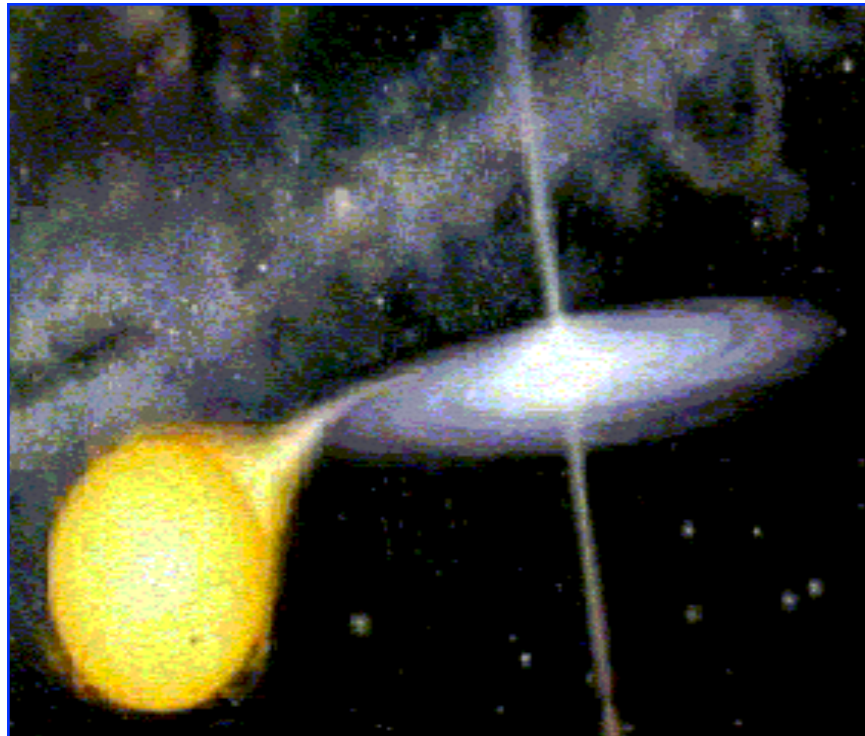
Télescopes à effet Compton.

Télescopes gamma à haute énergie.

Astronomie gamma à partir du sol.



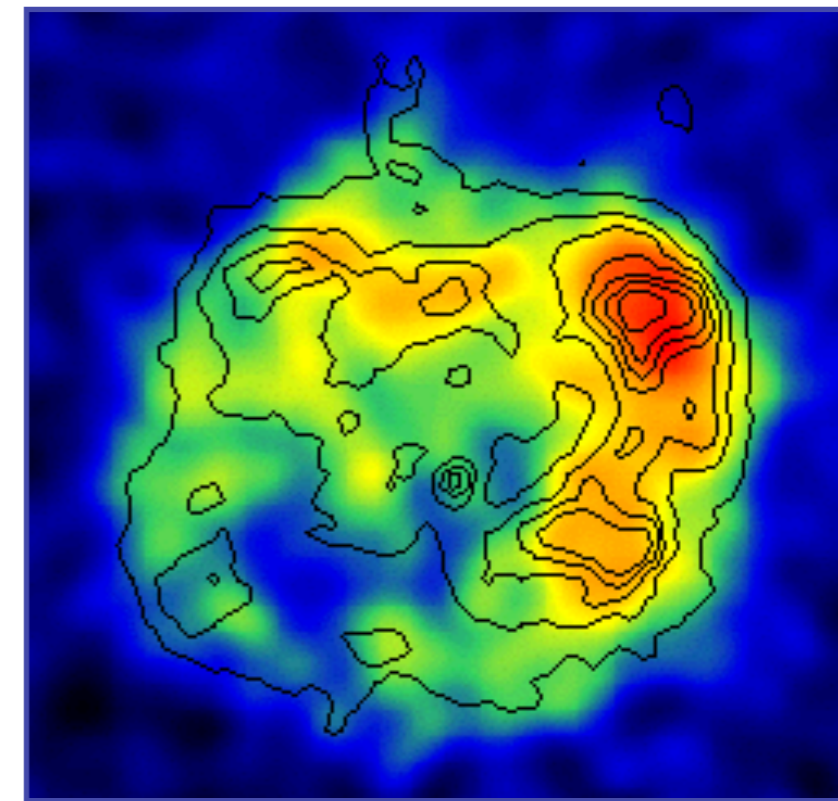
# les acteurs



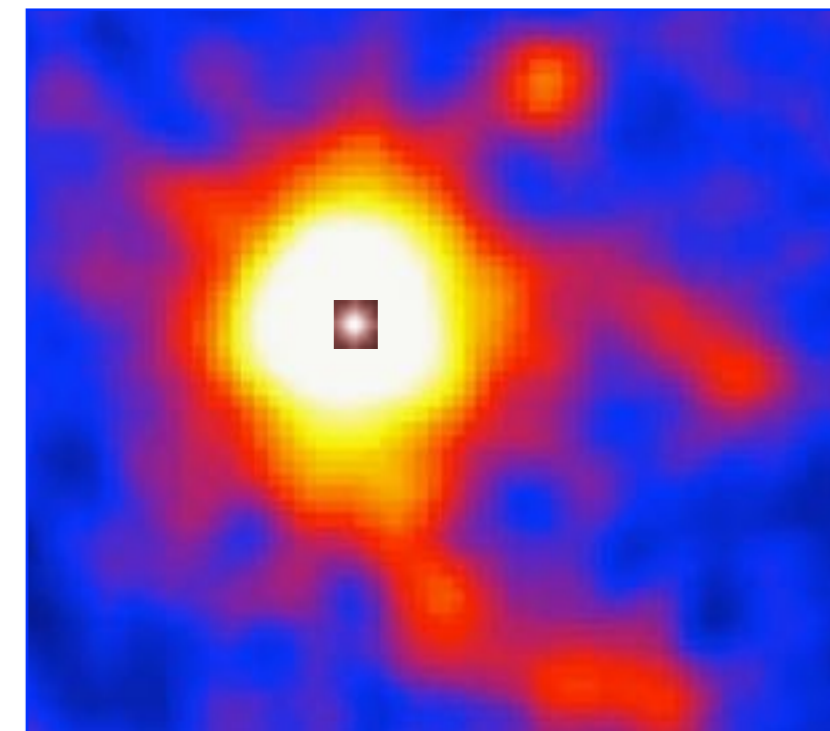
microquasars + binaires X



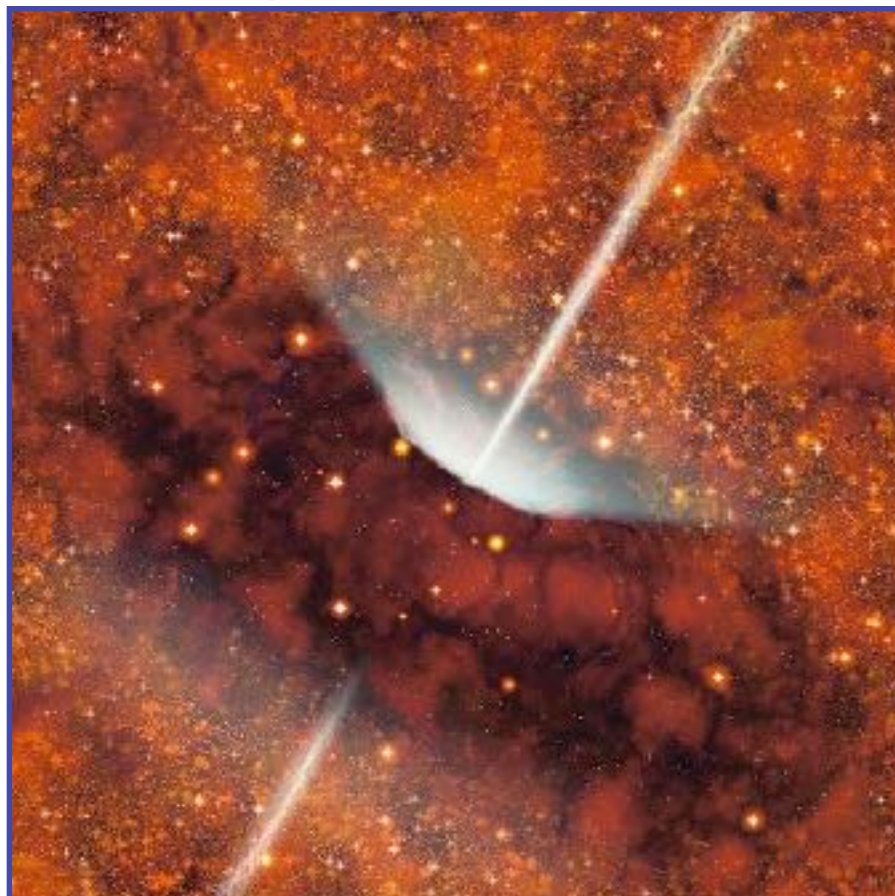
hypernovae



restes de supernova



pulsars et vents



noyaux actifs de galaxie

# Un peu d'histoire

- La genèse (1912-1932)
  - ◆ 1912 Découverte par Victor Hess de rayonnements pénétrants venant du Cosmos.
  - ◆ 1925 Millikan crée l'expression « Rayons Cosmiques » ... mais pense qu'il s'agit de photons.
  - ◆ 1928-1929 L'effet de latitude (dû au champ magnétique terrestre) montre que les particules primaires sont chargées → leurs directions à l'arrivée sur Terre n'indiquent pas leurs origines (déviations par les champs magnétiques turbulents de la Galaxie).
- Les débuts de la physique des particules (1932-1953)
  - ◆ Nouvelles particules observées dans les interactions secondaires des rayons cosmiques :  $e^+$ ,  $\mu^\pm$ ,  $\pi^\pm$ , particules étranges.
  - ◆ 1938 Pierre Auger met en évidence les grandes gerbes atmosphériques.
  - ◆ 1949 Enrico Fermi présente la première théorie de l'accélération de particules dans les plasmas astrophysiques

# Les enjeux et les moyens

- Identifier les sources accélératrices et comprendre les processus qui y sont à l'œuvre.
  - ◆ astronomie gamma + astronomie non-thermique (radio, X)
  - ◆ astronomie neutrino
  - ◆ rayons cosmiques d'énergies extrêmes
- Identifier les éventuelles sources cosmologiques (particules lourdes, vestiges de l'Univers primordial, processus « exotiques »).
  - ◆ spectres  $\gamma$  anormaux, antiprotons anormaux, anti-noyaux
- Identifier la contribution de chaque type de source dans les différents domaines du spectre cosmique.
  - ◆ spectres  $\gamma$  et  $\nu$
  - ◆ rayons cosmiques d'énergies extrêmes
- Comprendre les phénomènes de propagation dans la Galaxie et dans l'espace intergalactique.
  - ◆ spectres des différents éléments (produits de spallation)
  - ◆ fond  $\gamma$  diffus, spectres  $\gamma$  de sources extragalactiques



# Les enjeux et les moyens

- Identifier les sources accélératrices et comprendre les processus qui y sont à l'œuvre.
  - ◆ astronomie gamma + astronomie non-thermique (radio, X)
  - ◆ astronomie neutrino
  - ◆ rayons cosmiques à haute énergie et énergies extrêmes
- Identifier les éventuelles sources cosmologiques (particules lourdes, vestiges de l'Univers primordial, processus « exotiques »).
  - ◆ spectres  $\gamma$  anormaux, antiprotons anormaux, anti-noyaux
- Identifier la contribution de chaque type de source aux différents domaines du spectre cosmique.
  - ◆ spectres  $\gamma$  et rayons cosmiques à haute énergie et énergies extrêmes
  - ◆ rayons cosmiques à haute énergie et énergies extrêmes
- Comprendre les phénomènes de propagation dans la Galaxie et dans l'espace intergalactique.
  - ◆ spectres des différents éléments (produits de spallation)
  - ◆ fond  $\gamma$  diffus, spectres  $\gamma$  de sources extragalactiques

histoire

principes

enjeux

et limites

coeur

des processus

# duo à NPAC 2002-2009



des désarrois: surdose d'informations



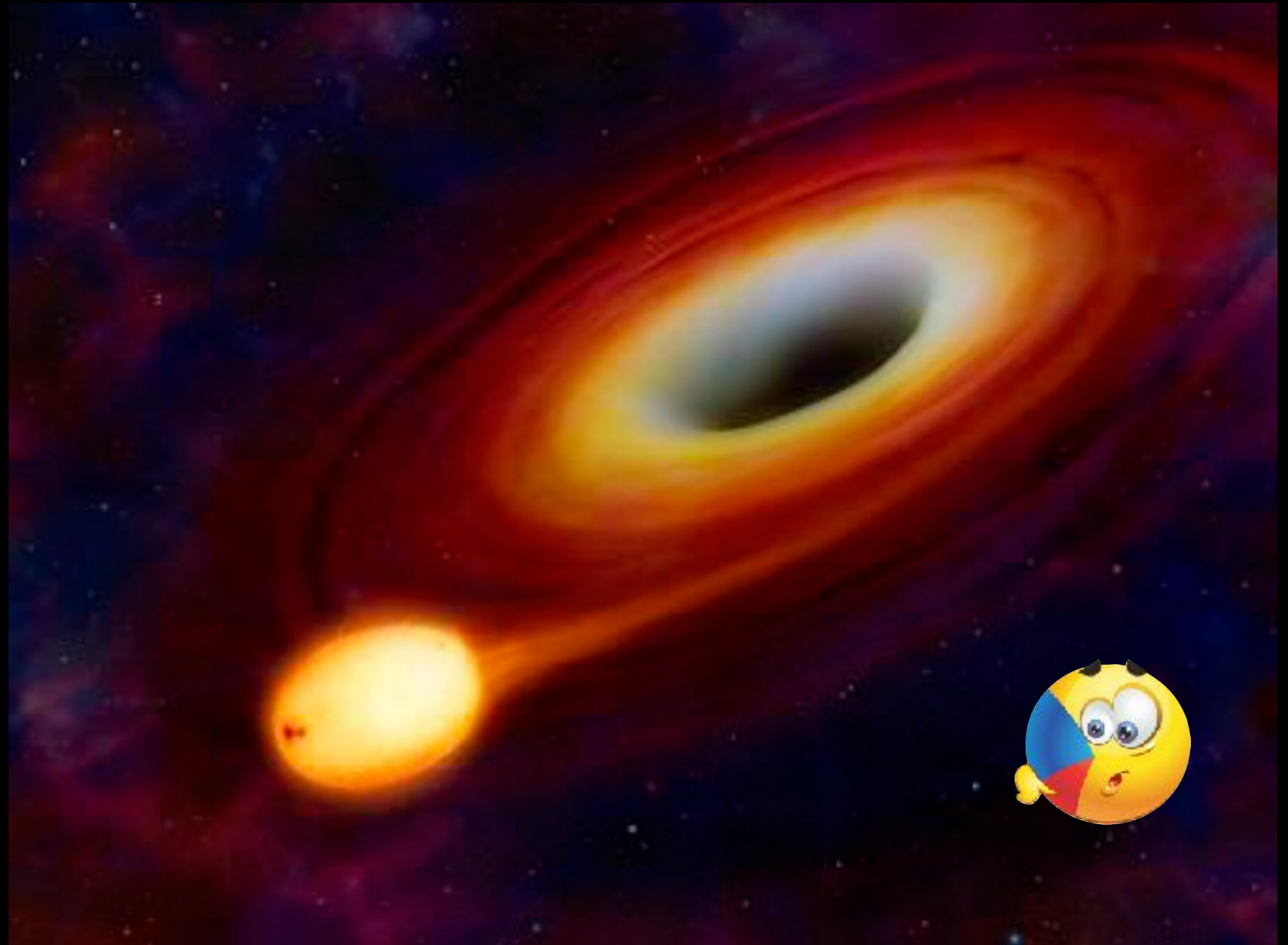
feux croisés aux examens



des rencontres

- ◆ G. Maurin
- ◆ A. Lemière
- ◆ C. Roucelle
- ◆ J. Aublin
- ◆ A. Fiasson
- ◆ D. Sanchez
- ◆ V. Pelassa
- ◆ H. Laffon

...



toujours en ligne !

<http://slideplayer.fr/slide/1324014/>

## Méthodes expérimentales pour l'étude du rayonnement cosmique

Bernard Degrange

Laboratoire Leprince-Ringuet

Ecole Polytechnique (Palaiseau)

- Aspects généraux des expériences sur les rayons cosmiques
- Nouveaux projets spatiaux (satellites et ballons)
- L'atmosphère comme détecteur (principes)
- L'atmosphère comme détecteur (expériences)
- Le milieu glaciaire ou marin comme détecteur (v)
- Perspectives

Ecole de Gif 2006

Montpellier

SlidePlayer 1 / 104



← AMS-02

