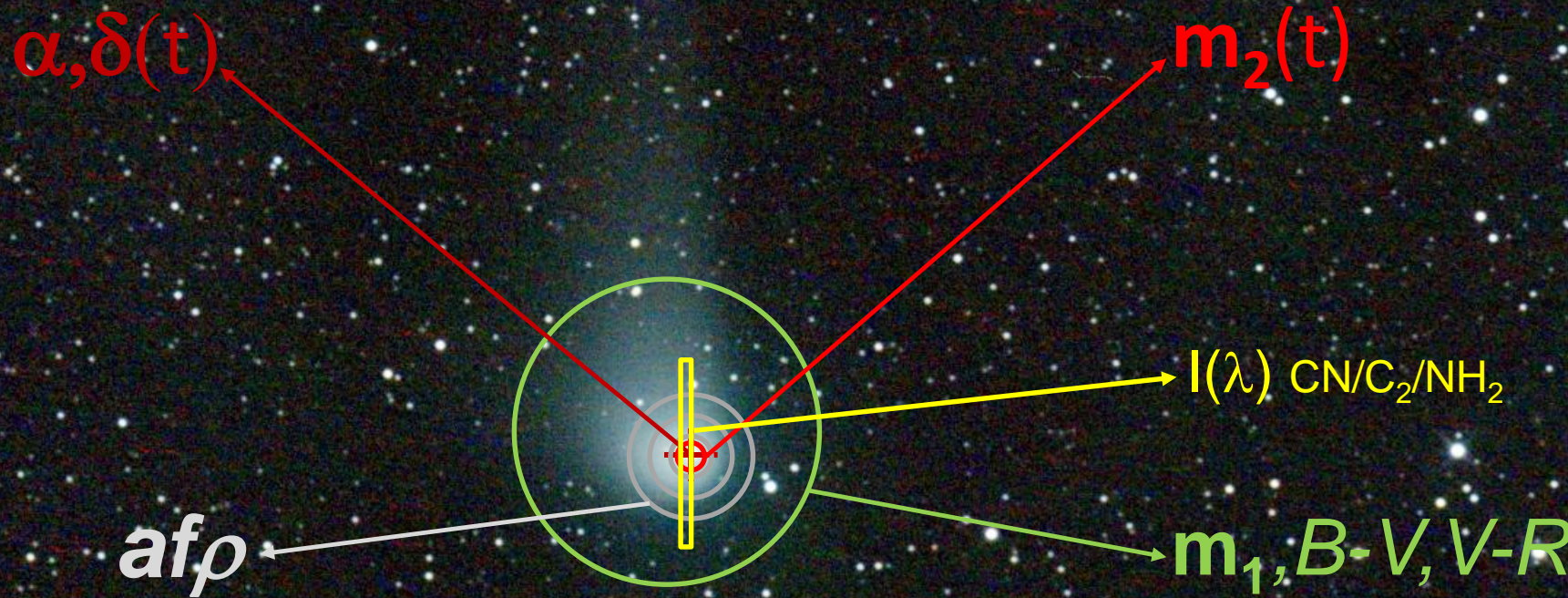


Faire de la science avec vos observations cométaires



Nicolas Biver, RCE 11 Nov. 2022



SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE



ASTROMETRIE

ASTROMETRIE:

Objectif: Mesures R.A./Dec.(t) avec une précision suffisante pour déterminer des orbites (soumission des mesures au MPC)
(Voir présentation de T. Noel dispo sur <https://lesia.obspm.fr/comets>)

Logiciels: Astrometrica, Prism V11, Tycho (tycho-tracker.com)

Catalogues: UCAC 4, Gaia DR3 (mieux)

(accès en ligne de préférence – catalogues de 5 à 13Gb)

Echantillonnage typique utilisé: $\sim 1-1.5''/\text{pixel}$ => mesures données à $0.2-0.1''$

Durée des poses: 30-60s (jusqu'à 180s pour les objets plus faibles -- pas besoin d'un S/B très élevé): éviter les trainées

ASTROMETRIE:

Précision temporelle: 1 seconde (0.00001 j) requis – milieu de pose

- Mise à jour de l'horloge du PC avec *Dimension4*
- Horloge GPS => 2-3ms, mais erreurs ordi/acquisition

supérieures

→ vérifier la datation des images (heure de milieu de pose)

→ Campagne MPC de test: MPEC 2022-U222:

Observations astrométriques de 2005 LW3 (m=14) les 23 et 24 novembre 2022 pour contrôler les référence de temps des observateurs – astrométrie à soumettre avant le 30 Novembre.

<https://iawn.net/obscamp/2005LW3/index.shtml>

ASTROMETRIE:

Rapport MPC: mode de transmission des mesures

=> obtenir un code UAI observatoire

Les mesures sont « topocentriques »: parallaxe terrestre = 8.8''

COD A77
CON FRASNCOIS KUGEL [fkugel@free.fr]
OBS F. Kugel
MEA F. Kugel
TEL 0.4-m f/2.8 reflector + CCD
ACK A77 file updated 2022.11.03 06:17:10
AC2 fkugel@free.fr
NET NOMAD

CK21X010 KC2022 11 03.12384 05 57 29.22 -21 35 00.9 15.6 V A77
CK21X010 KC2022 11 03.12789 05 57 28.91 -21 35 02.4 14.7 T A77
CK21X010 KC2022 11 03.13235 05 57 28.38 -21 35 05.6 15.9 V A77

COD X03
CON J. L. Virlichie [jl.virlichie@gmail.com]
OBS J. L. Virlichie, P. Traverse, H. Roy, G. Houdin
MEA J. L. Virlichie
TEL 0.36-m f/4.8 reflector + CCD NUM 3
ACK MPCReport file updated 2022.11.03 12:05:50
NET UCAC4
AC2 jl.virlichie@gmail.com

PK22P020 KC2022 11 03.33480 09 33 59.28 +13 25 49.1 19.3 V X03
PK22P020 KC2022 11 03.34708 09 34 00.16 +13 25 40.8 19.7 V X03
PK22P020 KC2022 11 03.36011 09 34 00.99 +13 25 31.4 18.6 V X03

COD X03
CON P. Traverse [pierre.traverse@orange.fr]
OBS J. L. Virlichie, P. Traverse, H. Roy
MEA P. Traverse
TEL 0.35-m f/4.7 Newtonian reflector + CCD
ACK MPCReport file updated 2022.05.21 22:23:40
AC2 pierre.traverse@orange.fr
NET Gaia DR2

CK22E030 C2022 05 16.31801 20 07 51.37 +17 33 58.1 15.3 G X03
CK22E030 KC2022 05 16.33491 20 07 50.76 +17 34 16.2 15.8 G X03
CK22E030 C2022 05 16.35336 20 07 50.11 +17 34 35.6 15.4 G X03

PHOTOMETRIE: objectif

	CDD	APN	Visuel
- Magnitude « nucléaire » ($\rho=6''$): m_2	x	x	x
- Magnitude totale: m_1	x	x	x
- $A_f\rho$	+filtre	x	
- Couleurs B-V, V-R	+fitres	x	

PHOTOMETRIE: pré-requis

Références: étoiles (de champ) → choix étoiles / catalogue

Visuel: instrument et grossissement adapté:
 m_2 : télescope + fort grossissement (\pm subjectif)
 m_1 : plus petit instrument et plus petit grossissement permettant de voir la comète

Imagerie numérique:

- champ suffisant pour avoir toute la coma + bon flat
- linéarité: non saturation m_2 et étoiles de référence
RAW/FITS (16bits): Δmag (min-max) ~ 11
JPG: linéaire autour de m_2 (*pour $\sim m_1 + 5 mag$*)

PHOTOMETRIE: pré-requis

Références: étoiles (de champ) → choix étoiles / catalogue

JPG: linéarité pour $m_{\text{JPG}} > m_2$ ($\sim m_1 + 3\text{--}5 \text{ mag}$)

Test M45 $\alpha 7s$:

Foyer T407mm

ISO.s: m_{JPG}

40 > 4.5

400 > 7.2

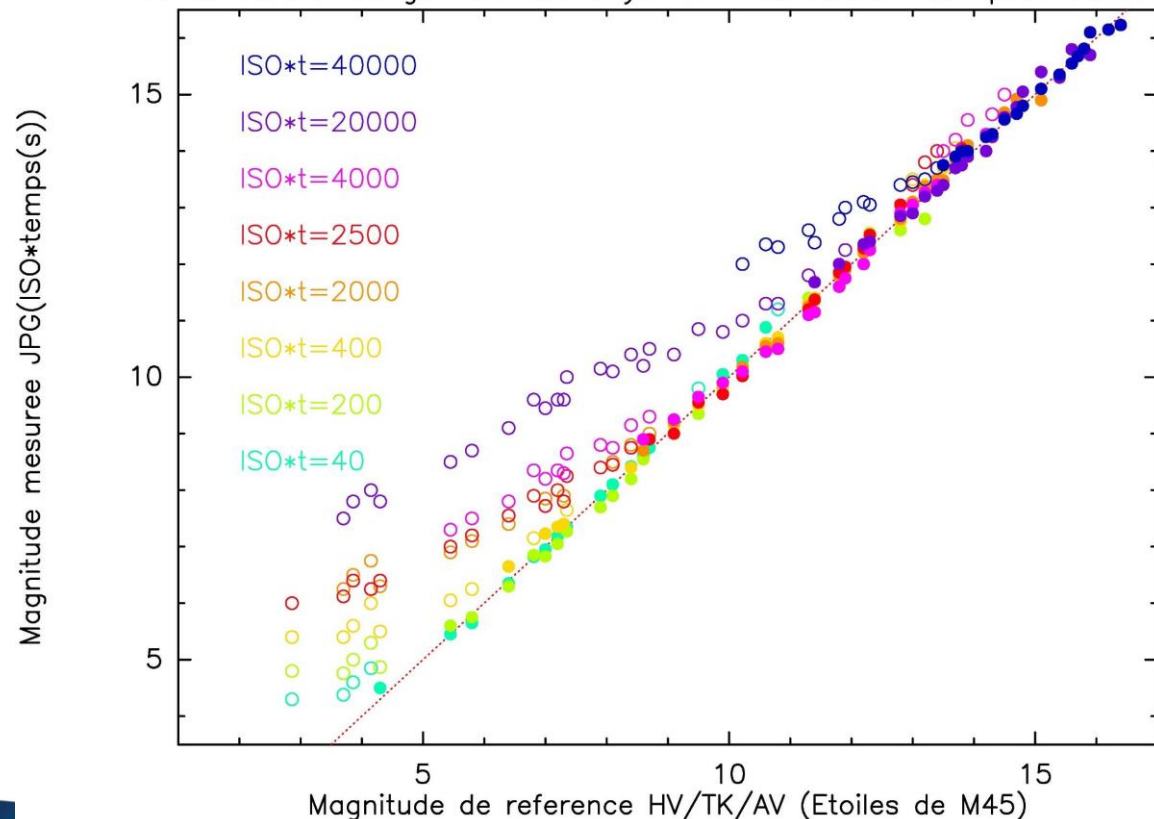
2000 > 9.0

4000 > 10.2

20000 > 12.5

40000 > 13.8

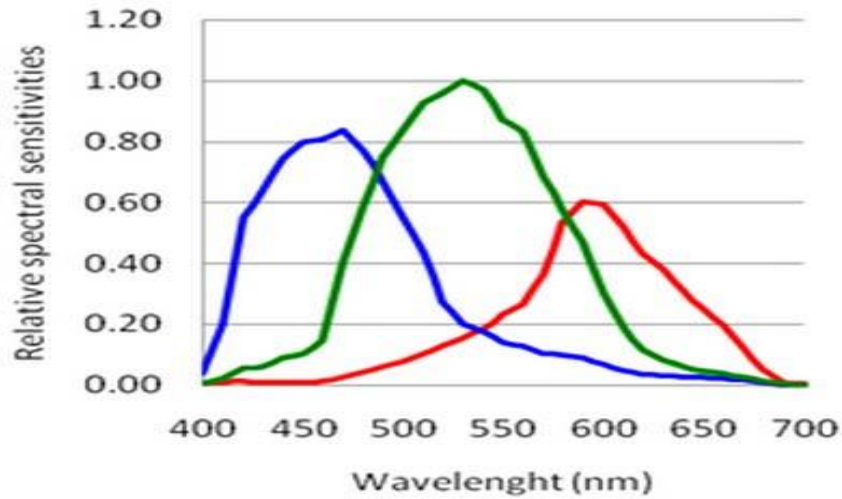
Test de linearite images JPG $\alpha 7s$ Foyer T407 en fonction ISO*pose unitaire (s)



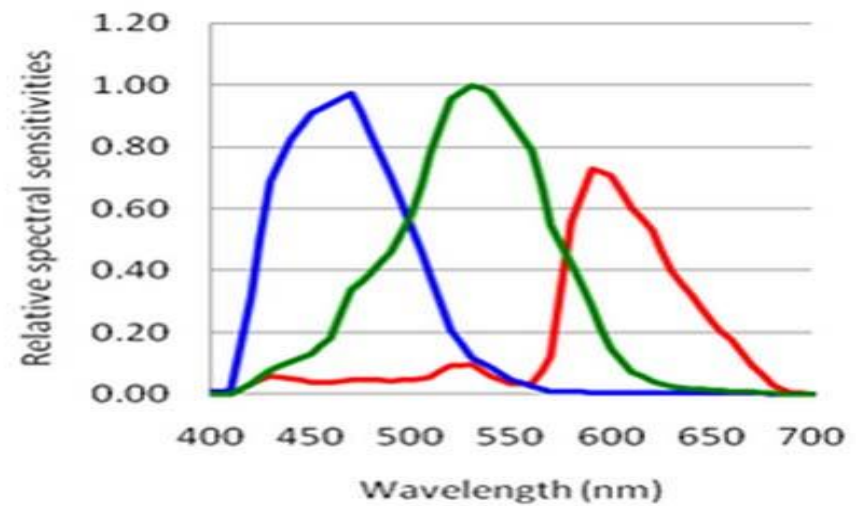
PHOTOMETRIE

-Quel bande spectrale / couleur, Quel catalogue?

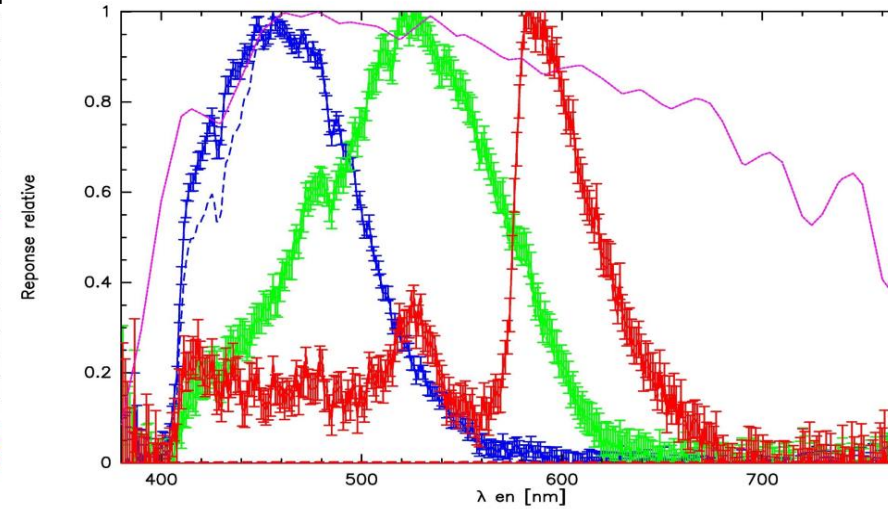
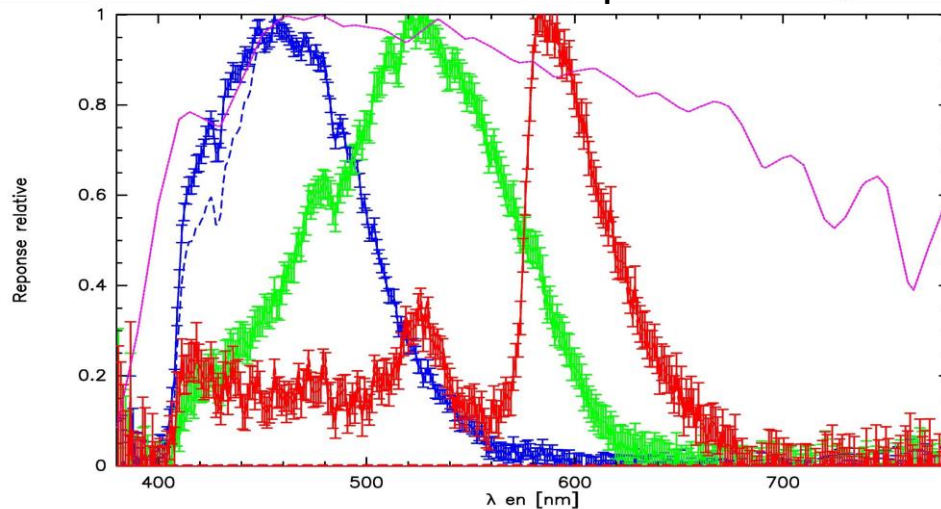
Canon EOS 500D



Nikon D5000

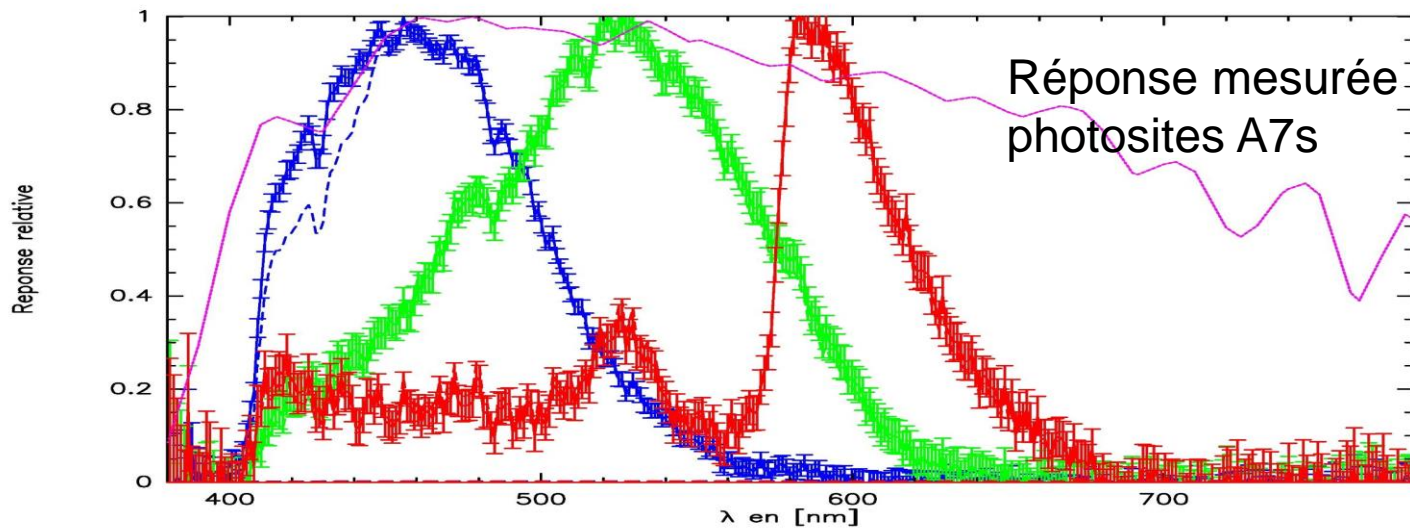
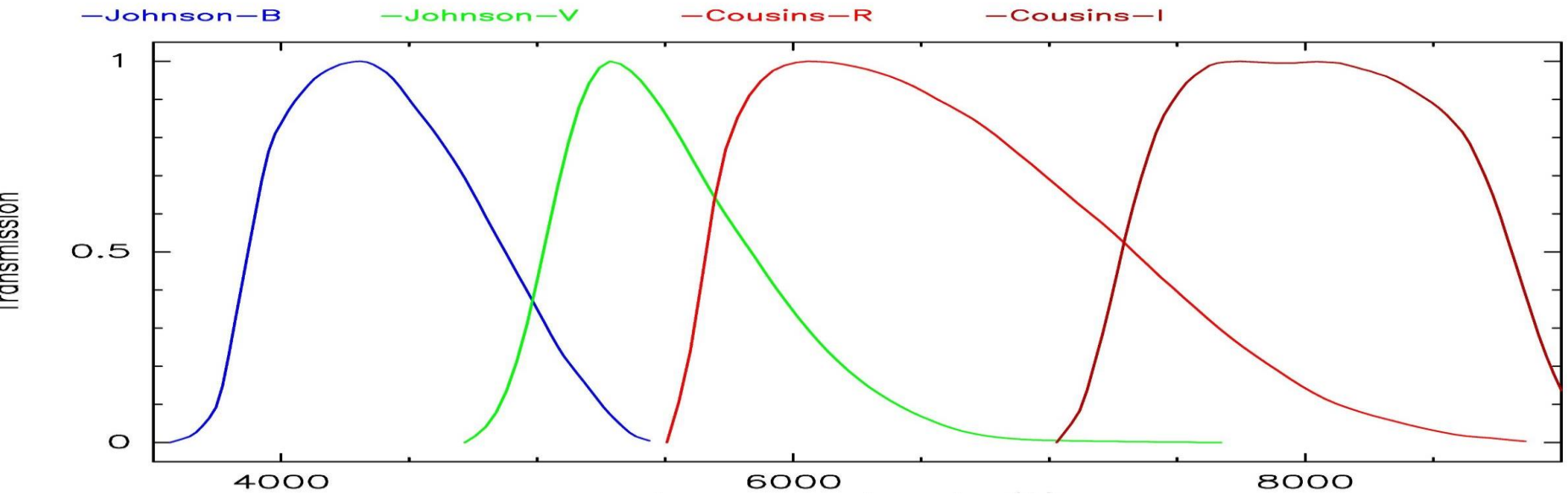


Réponse mesurée photosites A7s



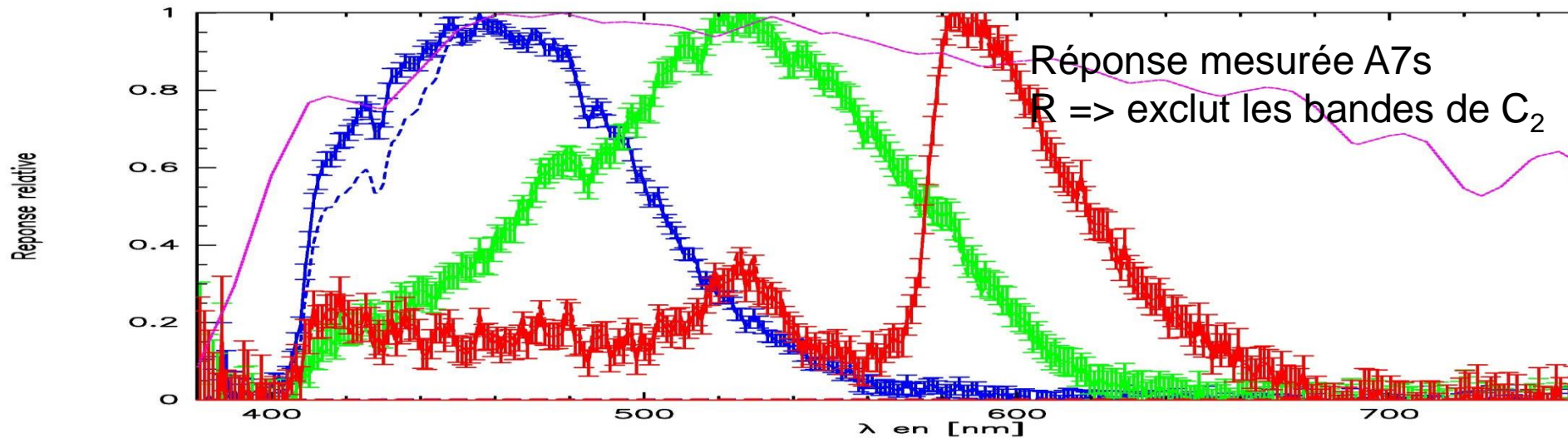
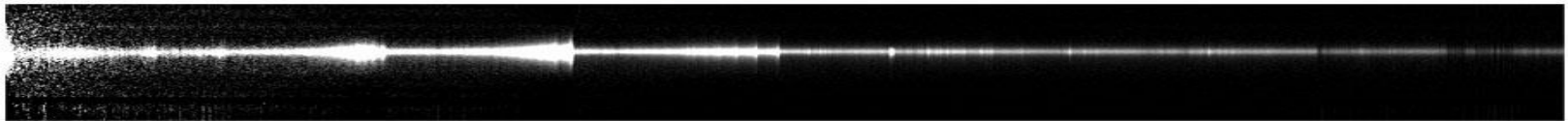
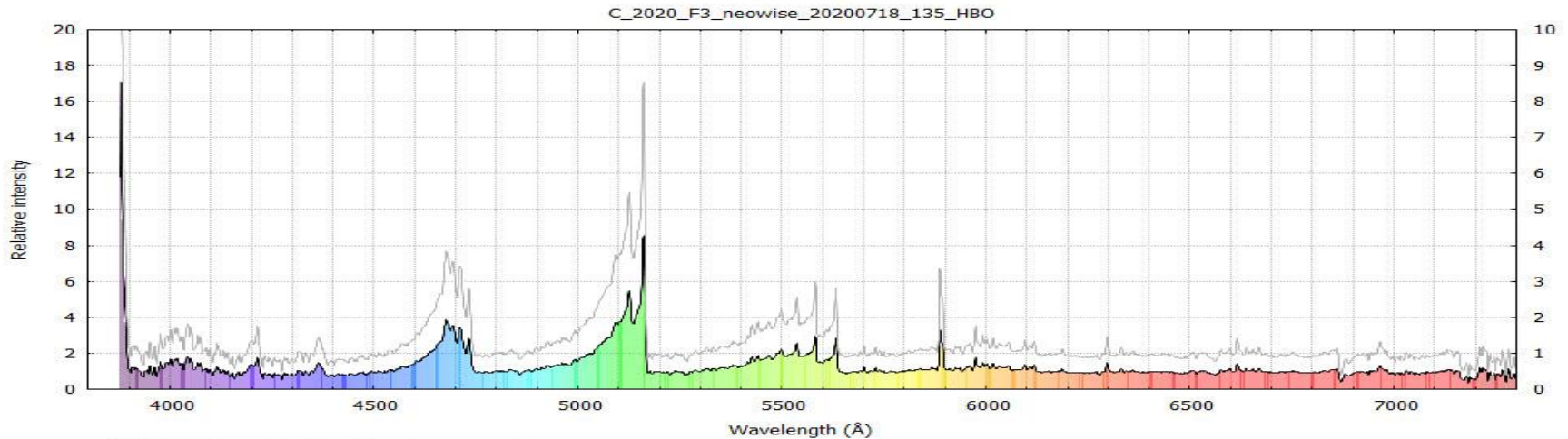
PHOTOMETRIE

-Quel bande spectrale / couleur, Quel catalogue?



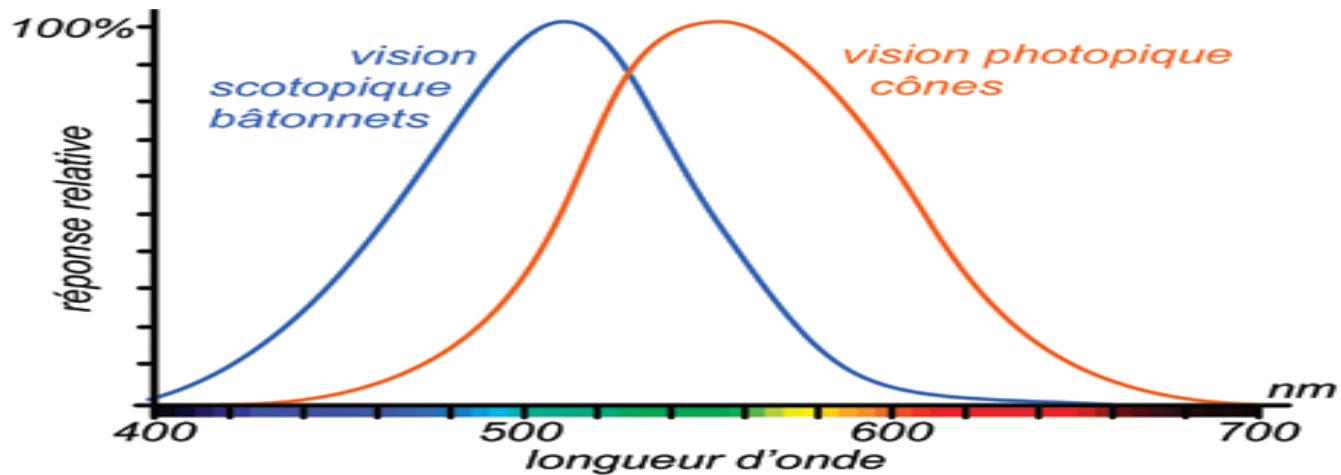
PHOTOMETRIE

-Quel bande spectrale / couleur, Quel catalogue?



PHOTOMETRIE

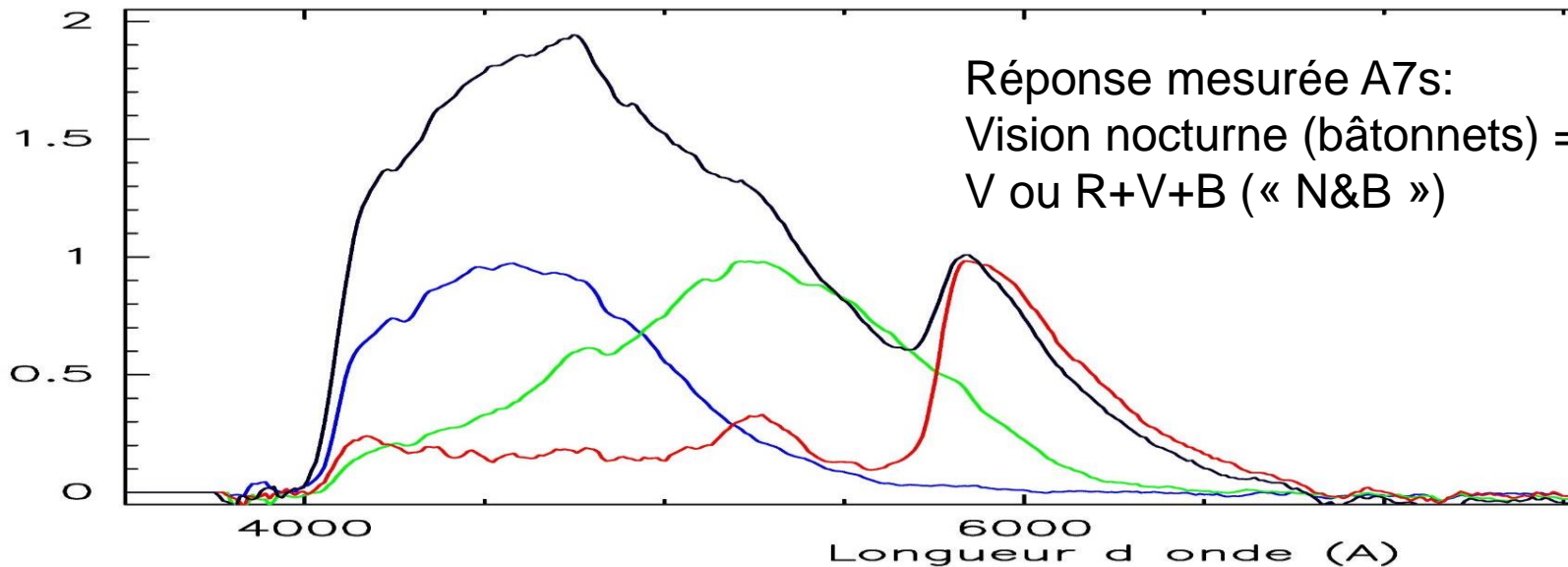
- Quel bande spectrale / couleur, Quel catalogue?



Réponse relative des cônes et bâtonnets en fonction de la longueur d'onde.

© ASTRODESSIN p.51

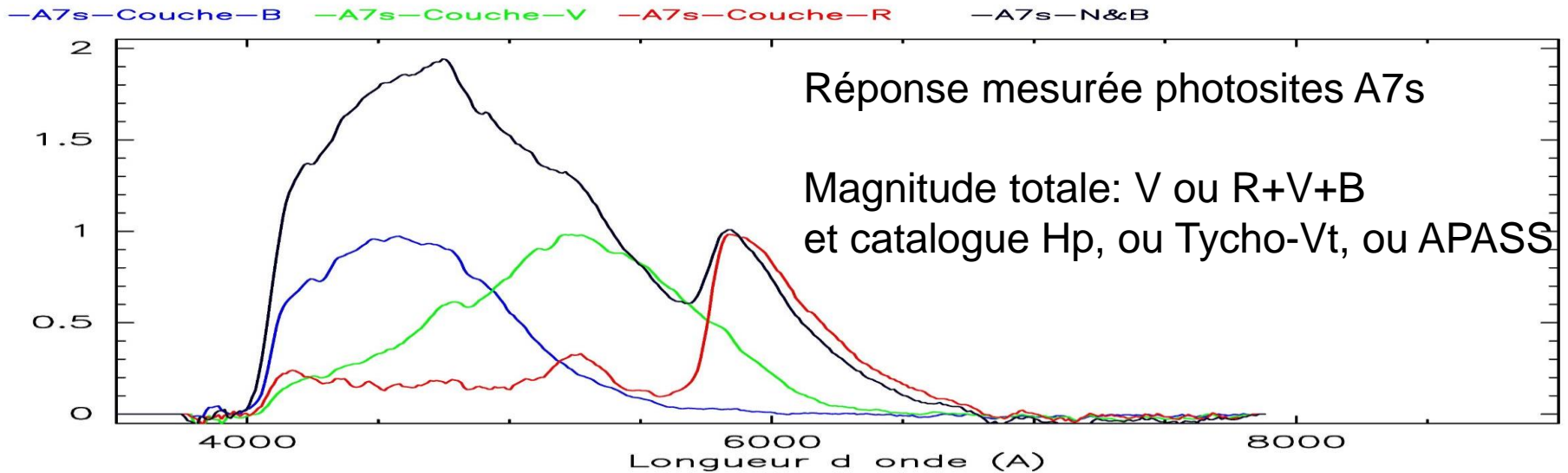
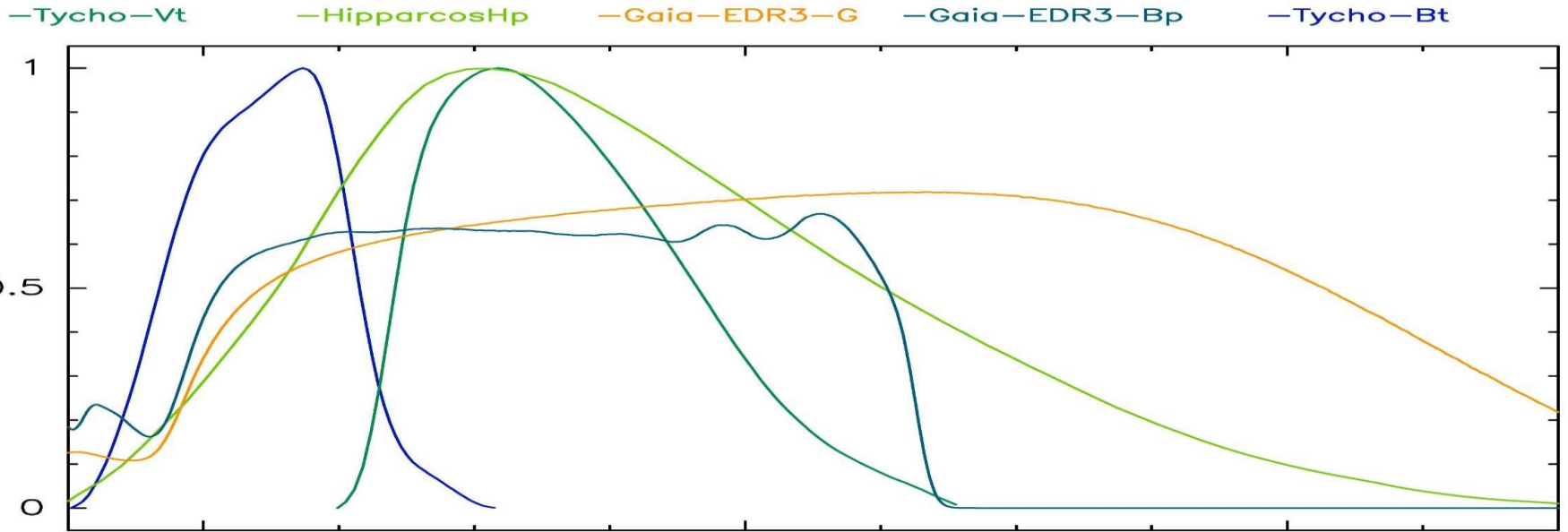
-A7s-Couche-B -A7s-Couche-V -A7s-Couche-R -A7s-N&B



Réponse mesurée A7s:
Vision nocturne (bâtonnets) =
V ou R+V+B (« N&B »)

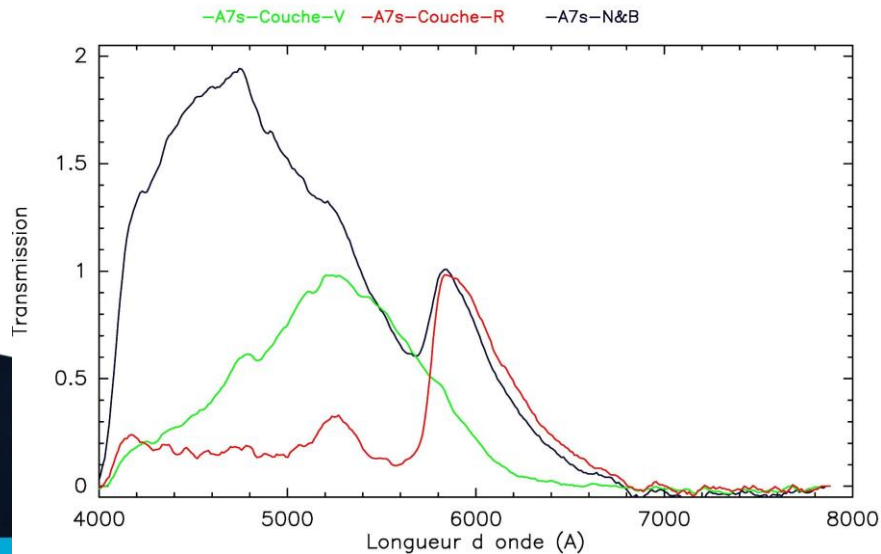
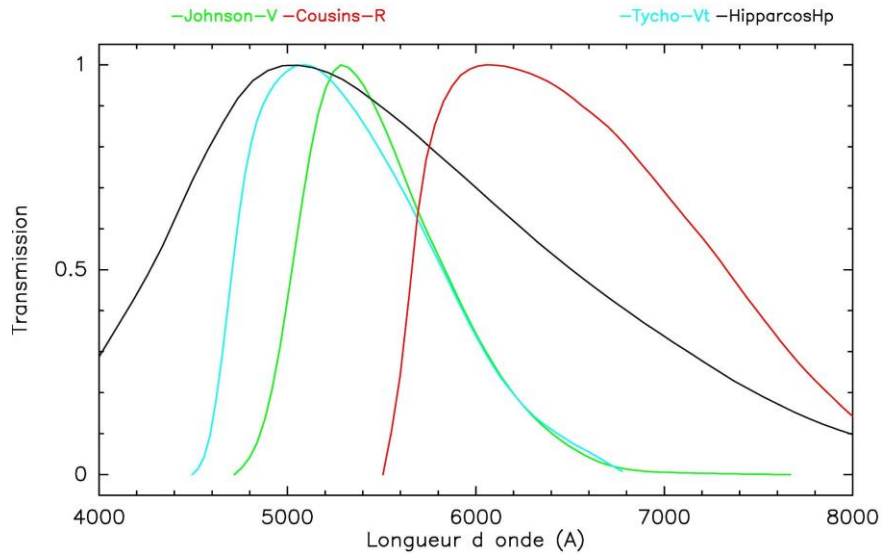
PHOTOMETRIE

- Quel bande spectrale / couleur. Quel catalogue ?



PHOTOMETRIE

-Quel bande spectrale / couleur, Quel catalogue?



Catalogues de magnitudes:

Source	Vizier	Bande	mags	M_{Soleil}
(code ICQ)				

Hipparcos (118218 étoiles)

HV	I/239	V	-1 – 9	-26.77
	I/239	H _p	-1 – 9	-26.69

Tycho (2.5M étoiles)

TK	I/259	V _T	4 – 11	-26.78
----	-------	----------------	--------	--------

AAVSO All Sky (61M étoiles) = APASS 9

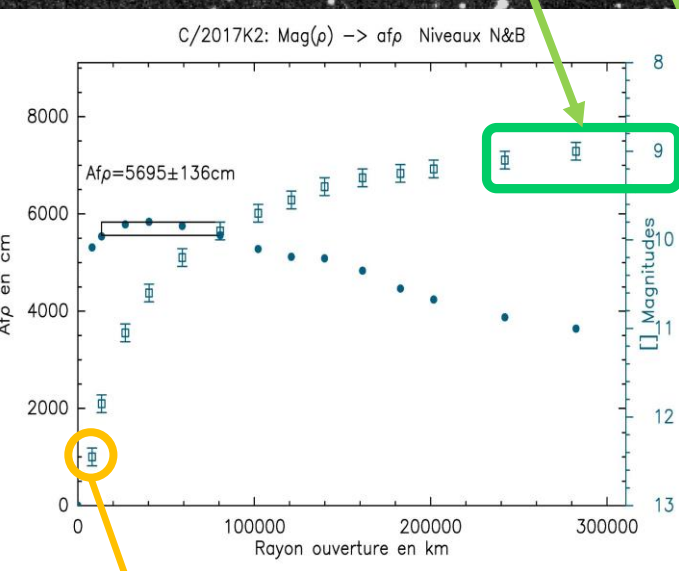
AV (AQ)	II/236	V	8 – 16	-26.77
---------	--------	---	--------	--------

Gaia DR3 (1811M étoiles)

	I/355	B _p	4 – 21	-26.72
	I/355	G	4 – 21	-26.52
		R		-26.57

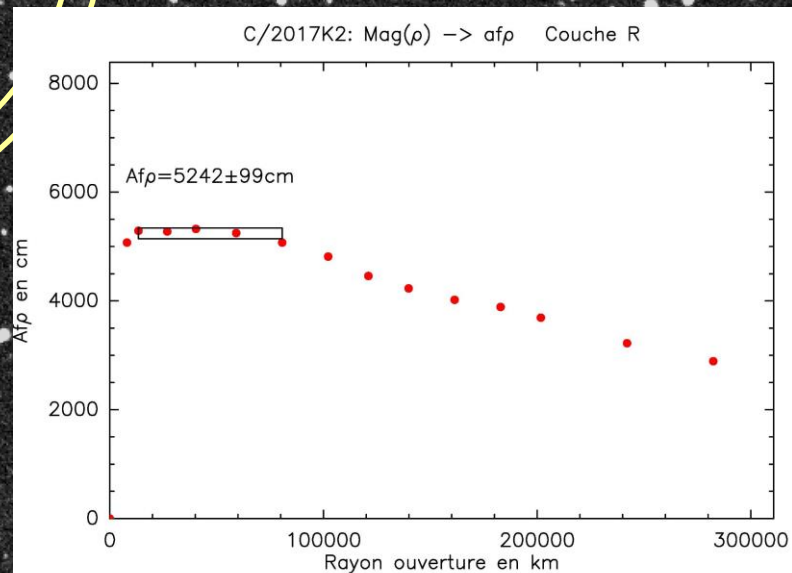
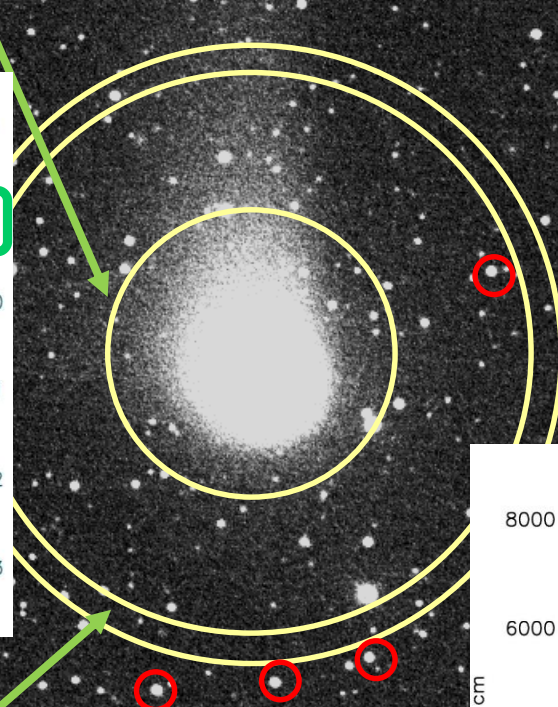
PHOTOMETRIE: exemple: C/2017 K2 29.9 juillet 2022 32x2.5s

$m_1 = 9.0$ dans 7' d'ouverture



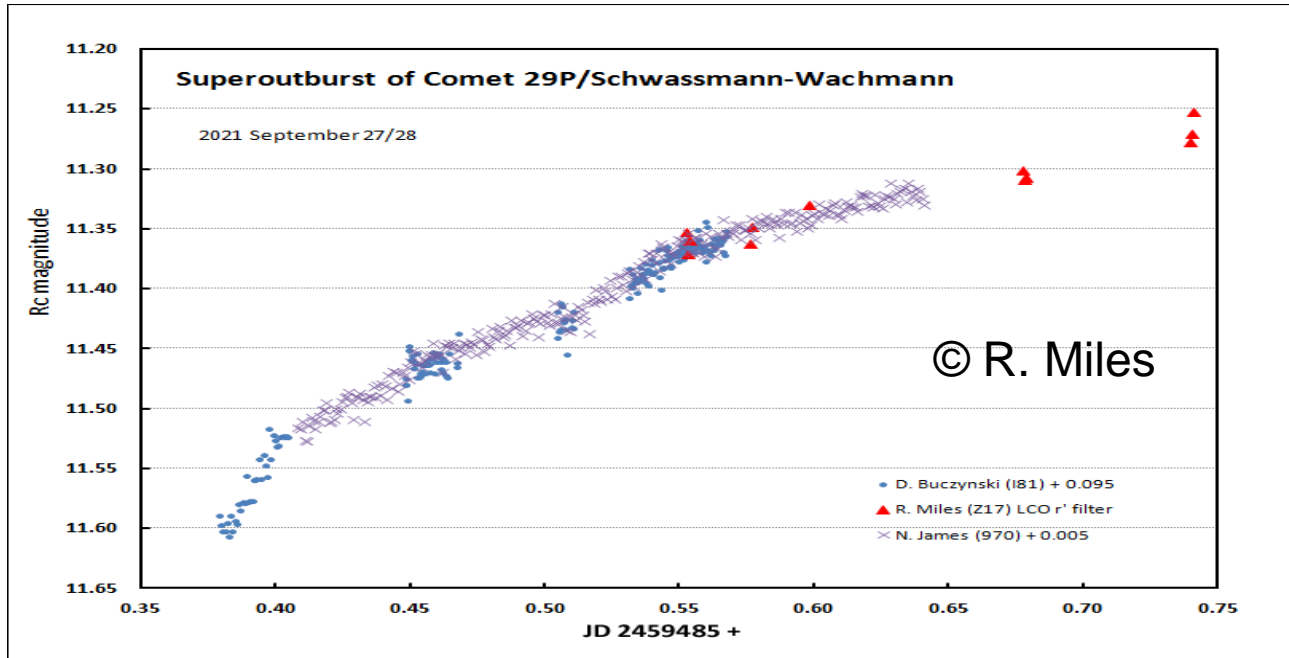
$m_2 = 12.6$ dans $\varnothing 12''$

Fond de ciel médian



PHOTOMETRIE: m_2

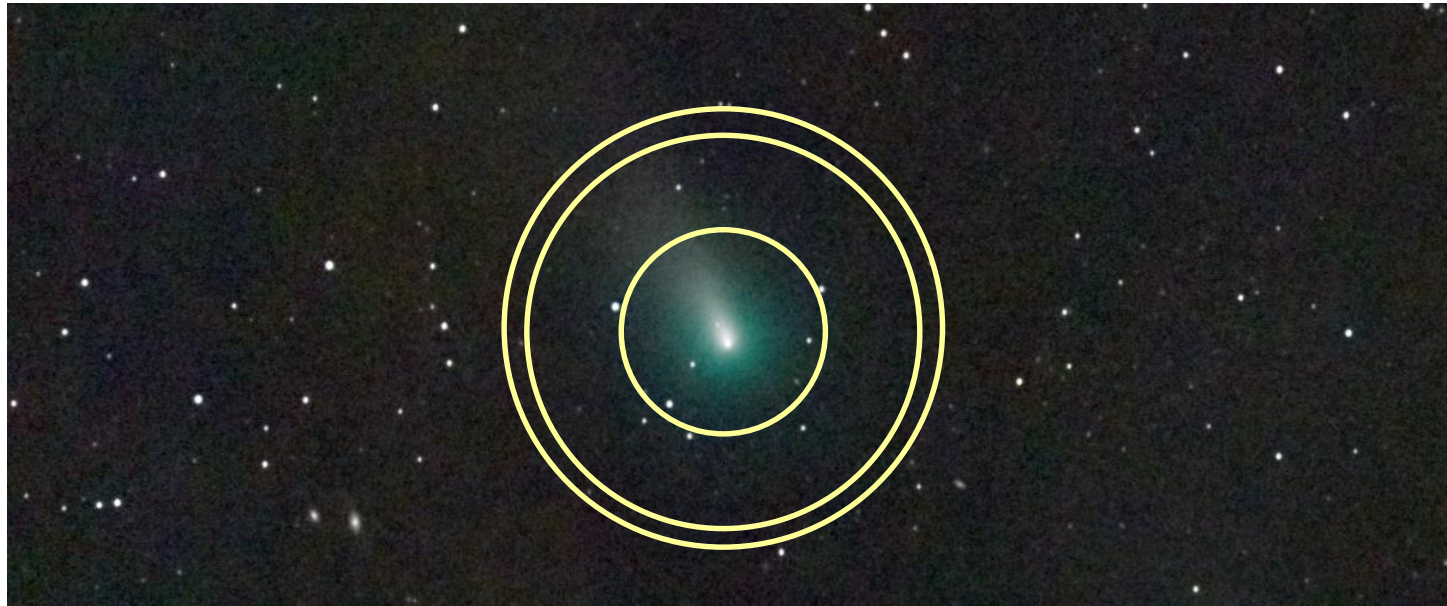
Magnitude « nucléaire » ($\rho \sim 6''$): $m_2 \rightarrow$ variations rapides



https://britastro.org/section_information_/comet-section-overview/mission-29p-centaur-comet-observing-campaign

PHOTOMETRIE: m_1

- Magnitude totale: m_1 : photométrie d'ouverture (ou visuel) par comparaison à des étoiles (bande V ou proche):
⇒ Bon flat et champ bien supérieur en taille à la coma

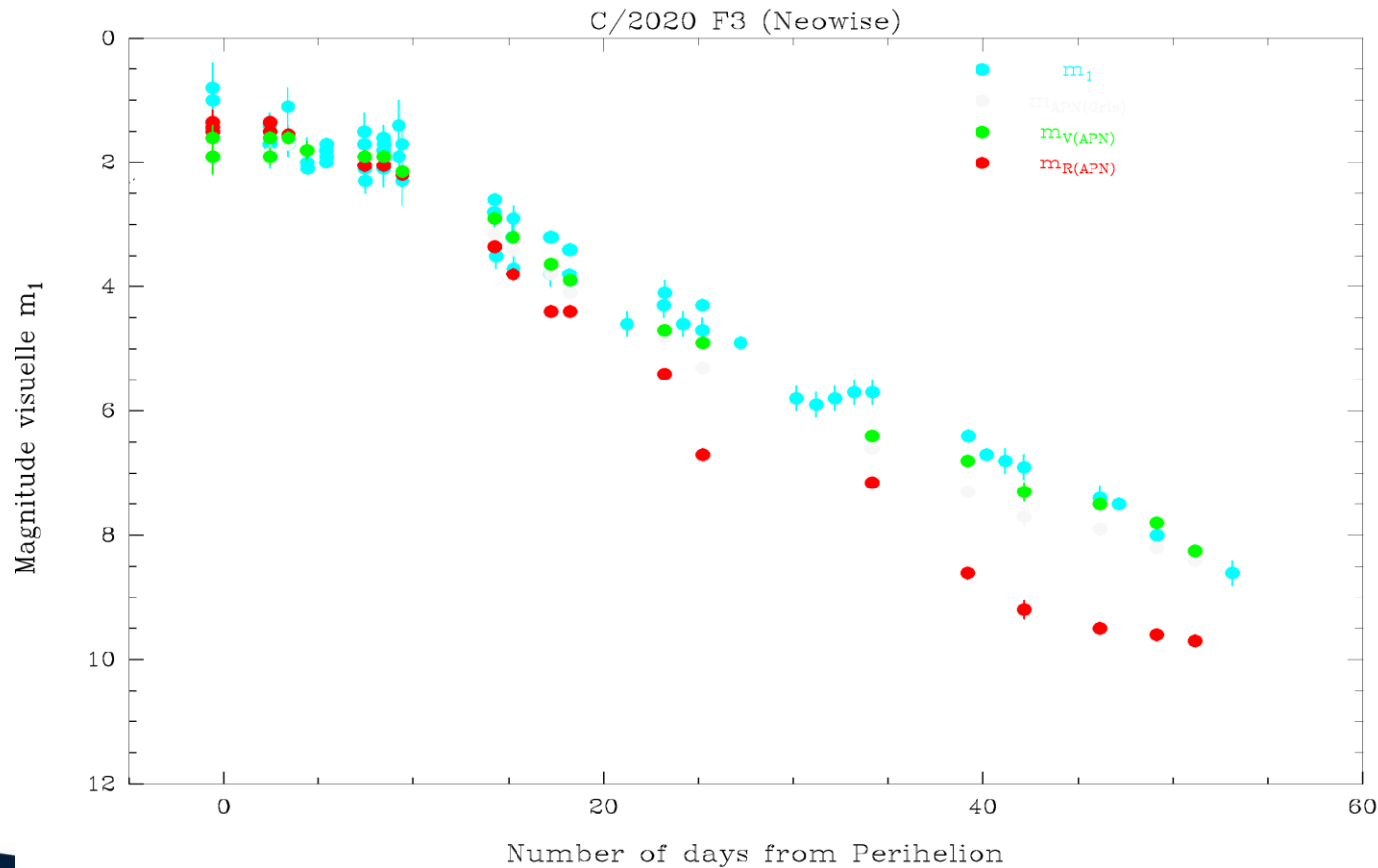


Outils informatiques:

- Mesures IRIS (photométrie ouverture après étalonnage)
- Software AIRTOOLS (<https://github.com/ewelot/airtools>)
- Software KOPR (Jakub Cerny)

PHOTOMETRIE: m_1

Magnitude totale: m_1 : éclat total, évolution long terme => *magnitudes à envoyer à ICQ, cobs.si, base LESIA*

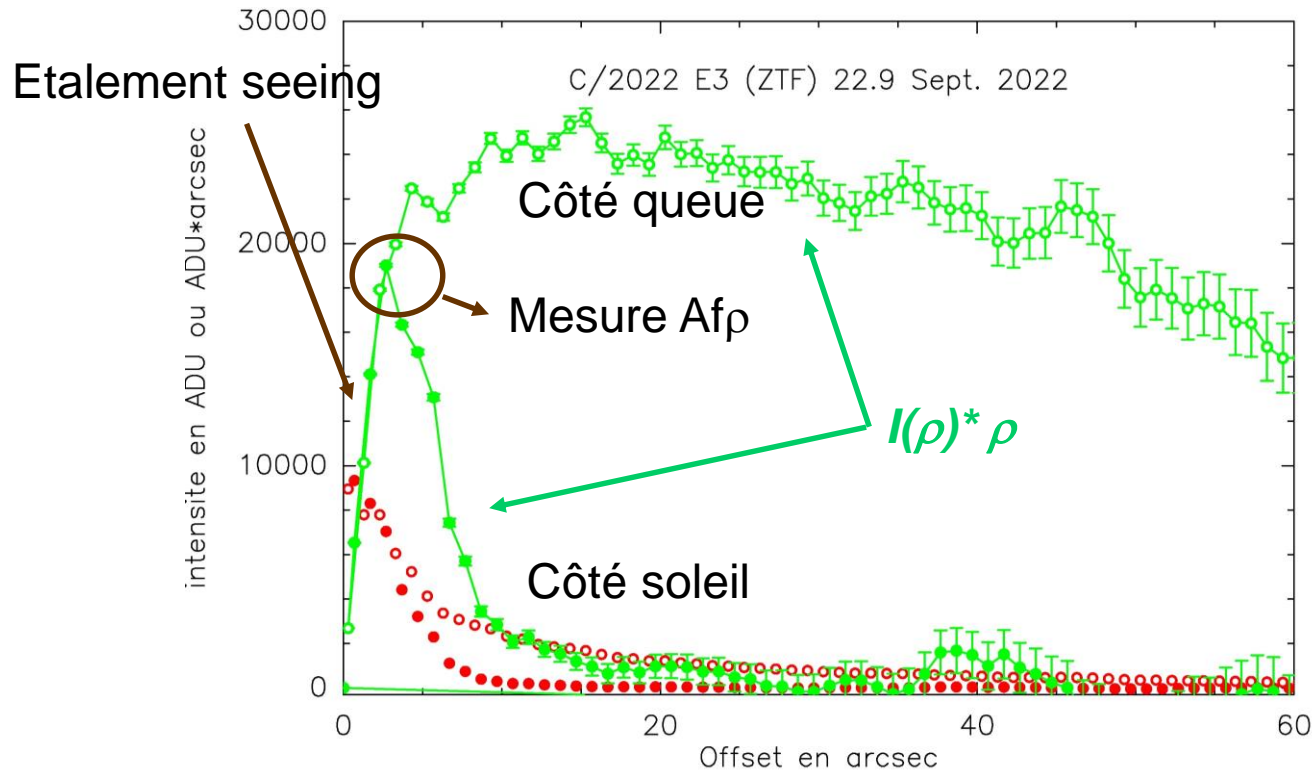


PHOTOMETRIE: $Af\rho$

Principe: Etat stationnaire production:

=> densité $1/r^2$

=> densité colonne $1/\rho$



Logiciels de calcul automatisé: nécessite calculs de flux mutli-ouverture:

Avec AIRTOOLS par exemple + **FoCas**,

Winafrho (R. Trabatti, CARA)

Ou en manuel avec des mesures multi-ouverture

PHOTOMETRIE: $Af\rho$

- $Af\rho$: estimation de la production de poussières (1cm ~ 1kg/s)

=> flux (intégré) dans une ouverture de rayon ρ

=> $Af\rho$ (albédo x fraction occupé x rayon ouverture ρ) =
flux (ρ) / flux solaire / ρ (indépendant de ρ)

Formule pratique: la magnitude étant = $m_n - 2.5 \log(\text{flux})$

$$Af\rho = \frac{(2\Delta r_h)^2}{\rho} 10^{0.4(m_{Sun} - m_{Comete}(\rho))}$$

Pour une ouverture rectangulaire x.y centrée: $\rho = \sqrt{x \times y / \pi}$

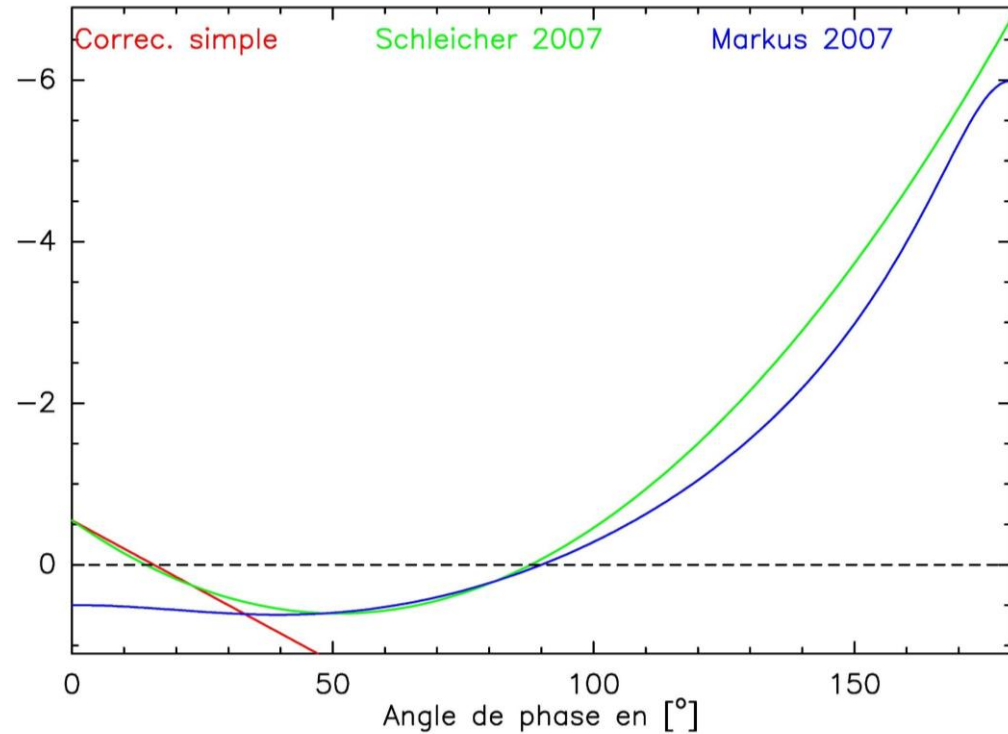
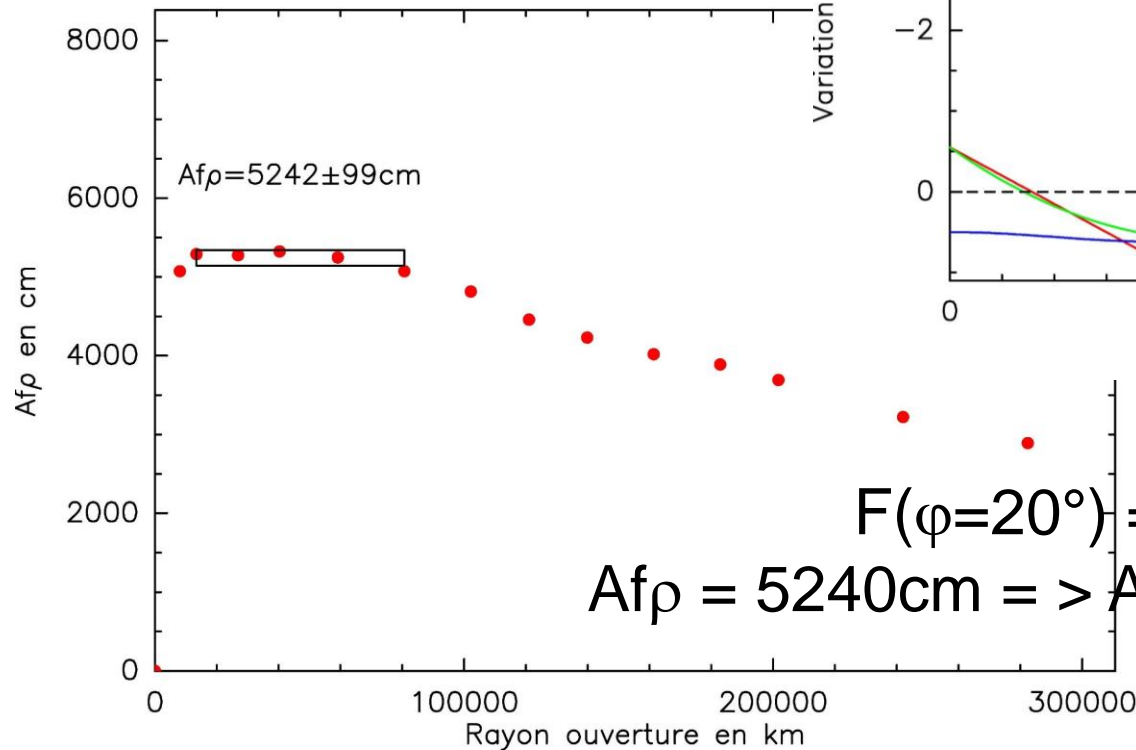
*La magnitude du soleil doit correspondre à celle de la bande utilisée pour l'image
et du catalogue d'étoile*

PHOTOMETRIE: $A_{f\rho}$

Mesure $A_{f\rho}$ et correction de phase:

ex.: 29.9/7/2022 $\varphi=20^\circ$

C/2017K2: $\text{Mag}(\rho) \rightarrow a_{f\rho}$ Cc

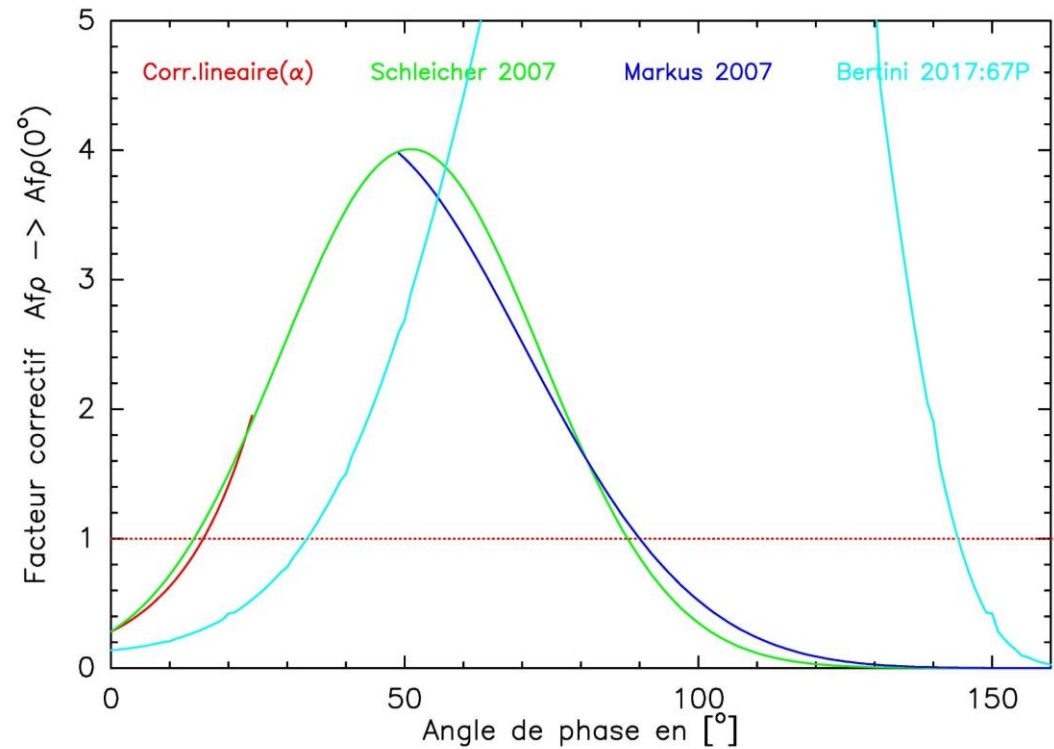
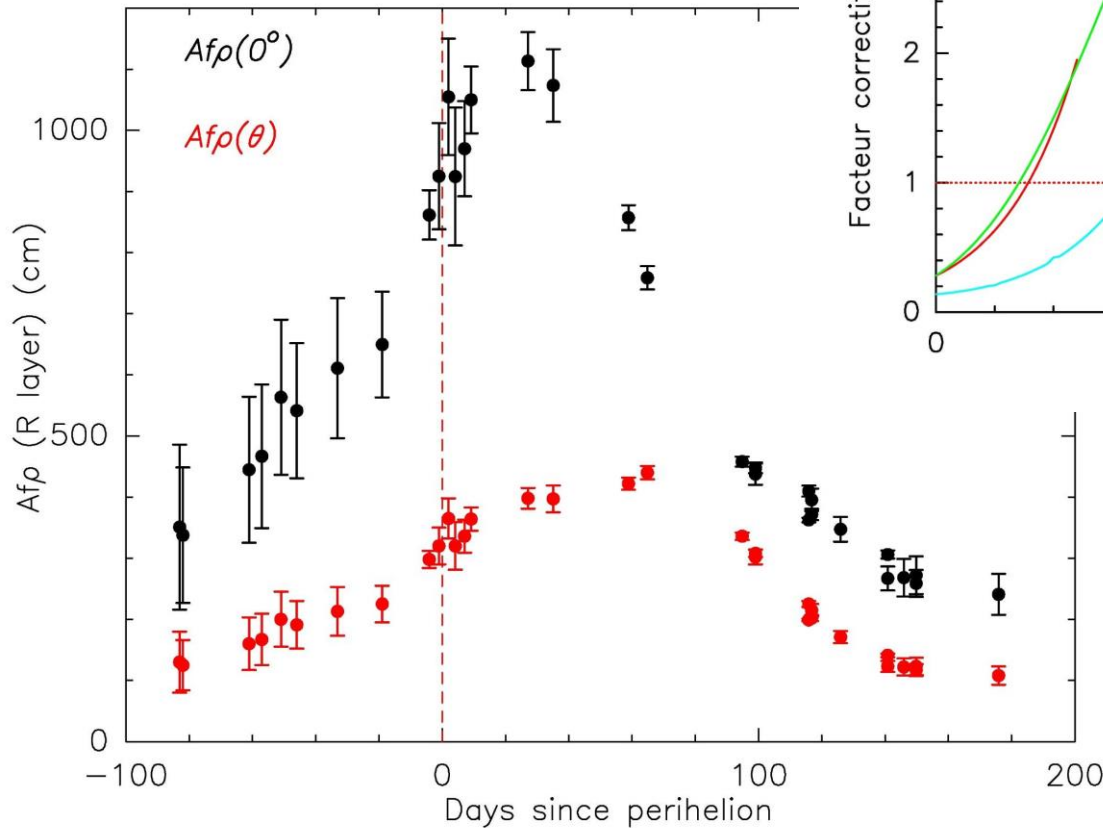


$$F(\varphi=20^\circ) = 0.67:$$

$$A_{f\rho} = 5240\text{cm} \Rightarrow A_{f\rho}(0^\circ) = 7860\text{ cm}$$

PHOTOMETRIE: $Af\rho$

Mesure $Af\rho$ et correction de phase sur 67P en 2021:



PHOTOMETRIE:

- Magnitude « nucléaire » ($r=6''$): m_2
 - Magnitude totale: m_1
 - $Af\rho$
 - Couleurs B-V, V-R:
 - > mesurer magnitudes totale
 - couche R, V, B
 - ou avec les filtres R, V, B, (I, U, G,...)
- $\Rightarrow V-R \ll 0 \Rightarrow$ comète « gazeuse » (C_2)
- $\Rightarrow B-V < 0 \Rightarrow$ comète gazeuse voire riche en CO^+

Comètes colorées: → B-V, V-R

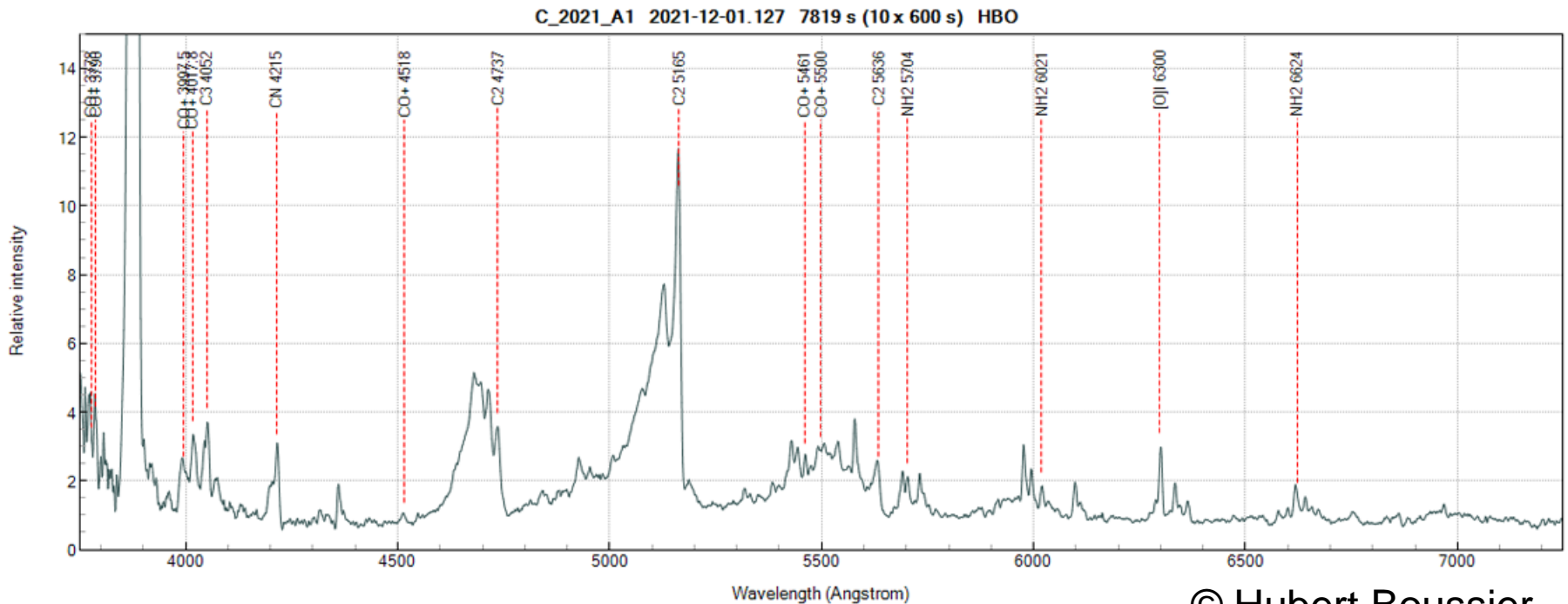


C/2016 R2 © M. Jäger

© N. Biver

SPECTROSCOPIE

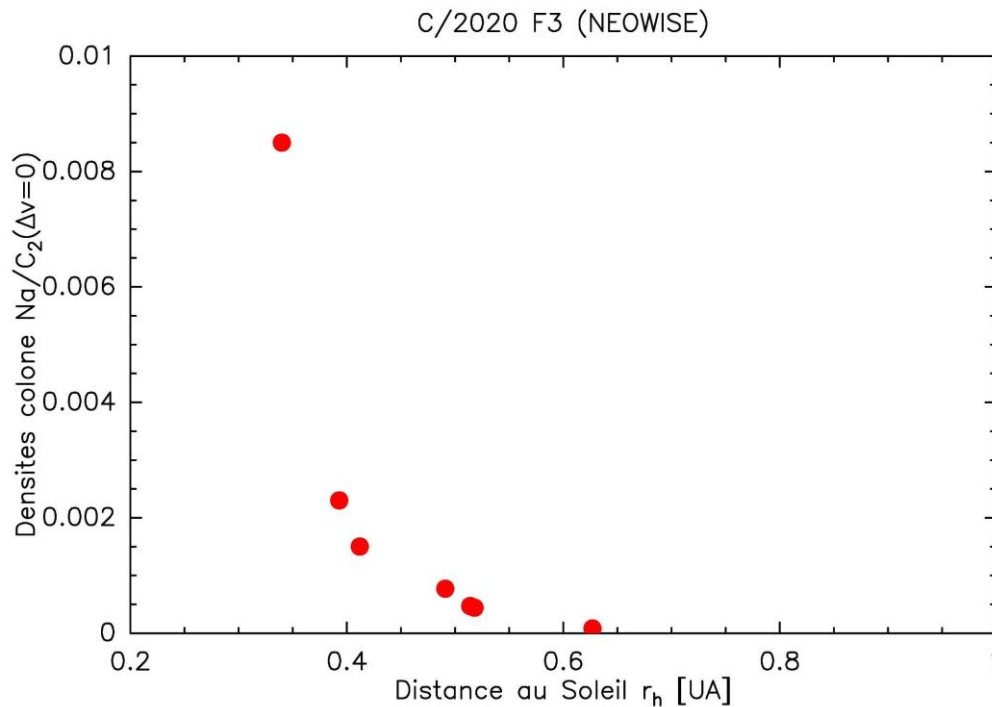
- spectro à fente, moyenne résolution: $\lambda/\delta\lambda \sim 600$
(ALPY, UVEX)
- objectif: avoir une idée de la composition de la coma:
 - présence de CN, C₂, C₃, NH₂, O, Na, CO⁺, N₂⁺
 - rapports d'abondance



SPECTROSCOPIE

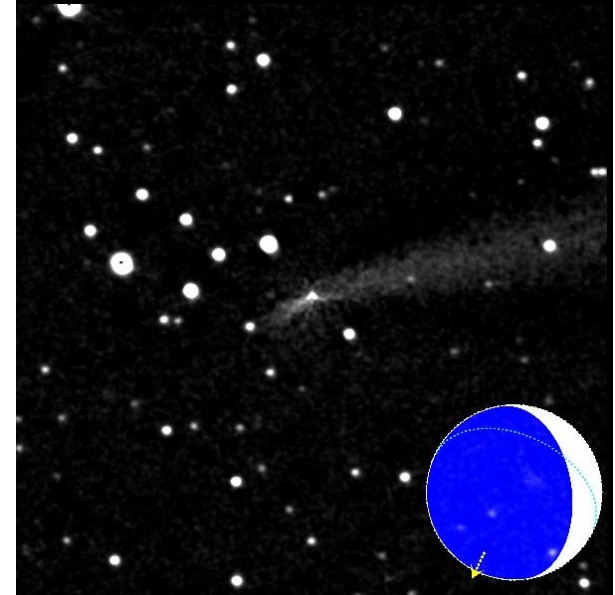
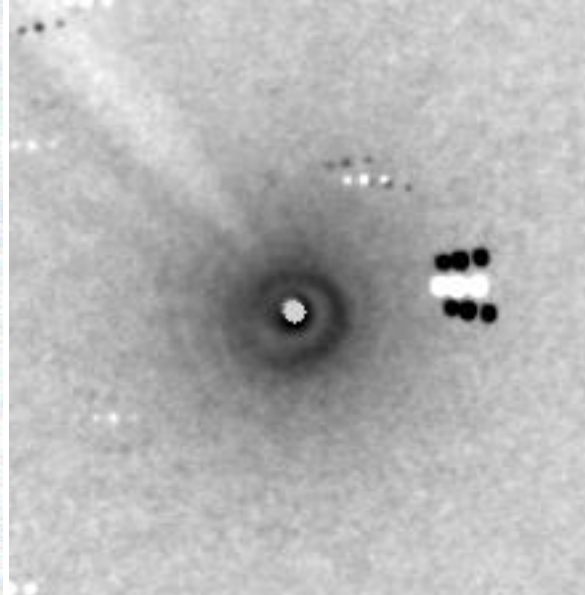
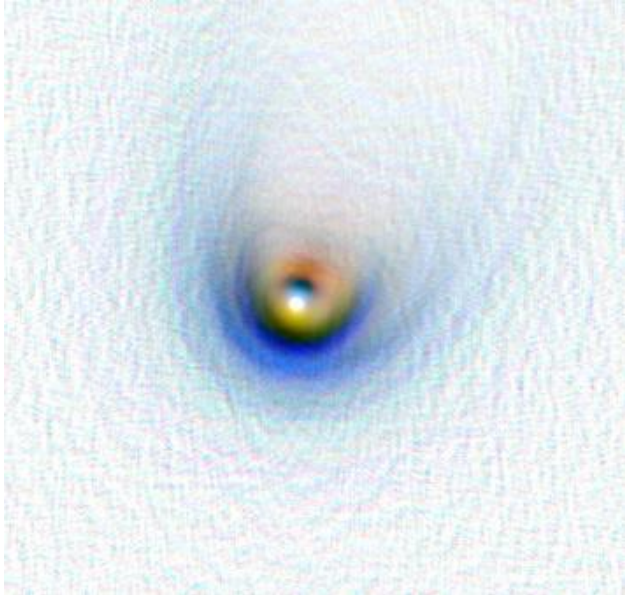
- objectif: avoir une idée de la composition de la coma:
rapports d'abondance de
CN, C₂, C₃, NH₂, O, Na, CO⁺, N₂⁺

Espèce	λ	L/N (10^{-20} J/s)
CN	389nm	2.2 à 4.5 (v_h)
C ₂	470nm	2.4
	510nm	4.5
	560nm	2.1
	610nm	0.7
C ₃	405nm	10.
NH ₂	543nm	0.010
	573nm	0.011
	598nm	0.016
Na	590nm	30 à 500
CO ⁺	401nm	0.21
	426nm	0.17
	455nm	0.10
N ₂ ⁺	391nm	3.5



MORPHOLOGIE

- position des jets
- période de rotation, de jets / enveloppes



17

21:00 ur

ET ENCORE...

Images grand champ → étude des queues:

- développement queues atomiques Na, Fe,..
- Synchrones dans la queue de poussières, antiqueue,... => tailles des grains
- Queue ionique: mesures du vent solaire: vitesse, variation champ magnétique...

Références, liens:

Base de données d'observations

(Astrométrie/Photométrie/Spectroscopie/Photos)

<http://www.lesia.obspm.fr/comets/>

Liste d'échange:

<https://groups.io/g/groups/cometes/>

Workshop de Prague 2022 (lien vers les présentations):

<https://www.europlanet-society.org/pro-am-comet-community-hybrid-workshop-annoucement-of-draft-programme/>