Caractérisation des détecteurs IR de l'instrument NISP de la mission spatiale EUCLID.

Benoît Serra

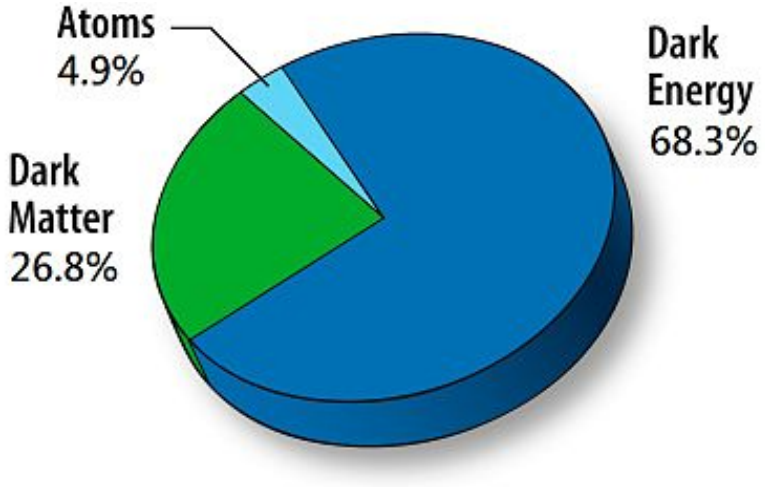
Centre de **P**hysique des **P**articules de **M**arseille
Janvier 2013 à Décembre 2015

16 décembre 2013

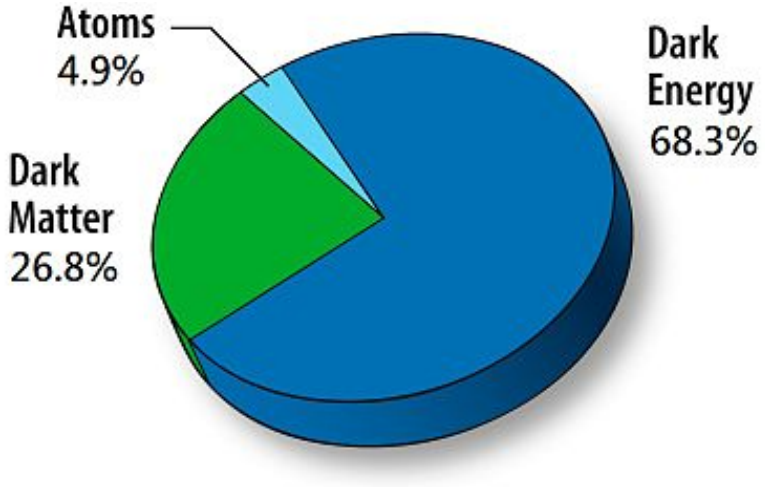
1. La mission spatiale EUCLID
   - Les objectifs scientifiques
   - Les instruments de la mission EUCLID
2. La caractérisation de détecteurs
   - Moyens à disposition pour la caractérisation
   - La chaîne d'acquisition
   - Analyses & Modélisation
     - Étude de l'effet de la température sur la persistance
     - Modèle de persistance dans la simulation pixel
3. Conclusions & Perspectives

Sommaire

1. La mission spatiale EUCLID
   - Les objectifs scientifiques
   - Les instruments de la mission EUCLID
2. La caractérisation de détecteurs
3. Conclusions & Perspectives

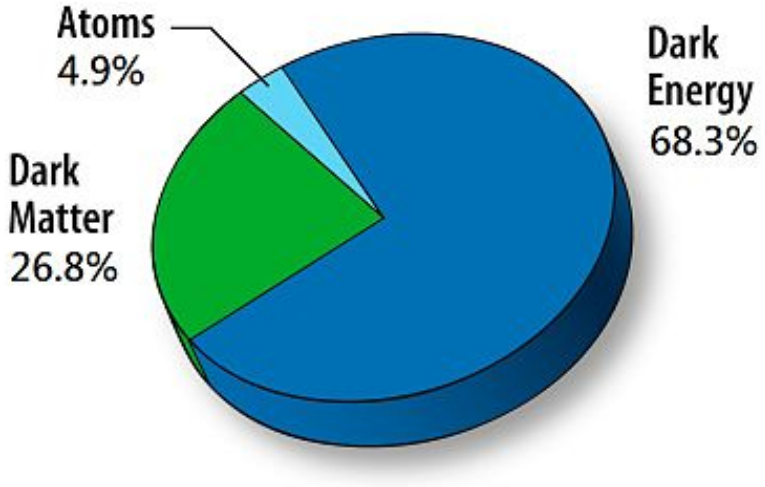


La mission EUCLID cherche à répondre aux questions :



La mission EUCLID cherche à répondre aux questions :

- Qu'est-ce que l'énergie noire ?



La mission EUCLID cherche à répondre aux questions :

- Qu'est-ce que l'énergie noire ?
- Qu'est-ce que la matière noire ?

Utilisation de "sondes cosmologiques" pour répondre à ces questions :

Utilisation de "sondes cosmologiques" pour répondre à ces questions :

Oscillations Acoustiques Baryoniques (BAO)

Mesure de la distance des galaxies comme étalon standard

Spectrométrie (par la détection de la raie d'émission $H\alpha$)

Lentille gravitationnelle faible (WL)

Mesure de formes des galaxies

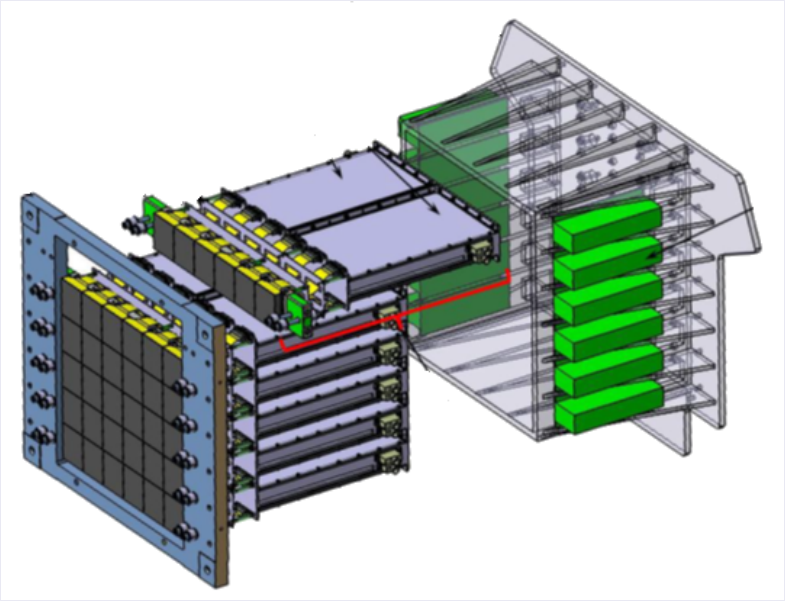
Photométrie

Pour l'étude de ces sondes cosmologiques, la mission EUCLID embarquera deux instruments.

VIS - WL

VISible Imager
6x6 CCDs format 4kx4k
$\Delta\lambda$: 550 à 900 nm

VIS



Pour l'étude de ces sondes cosmologiques, la mission EUCLID embarquera deux instruments.

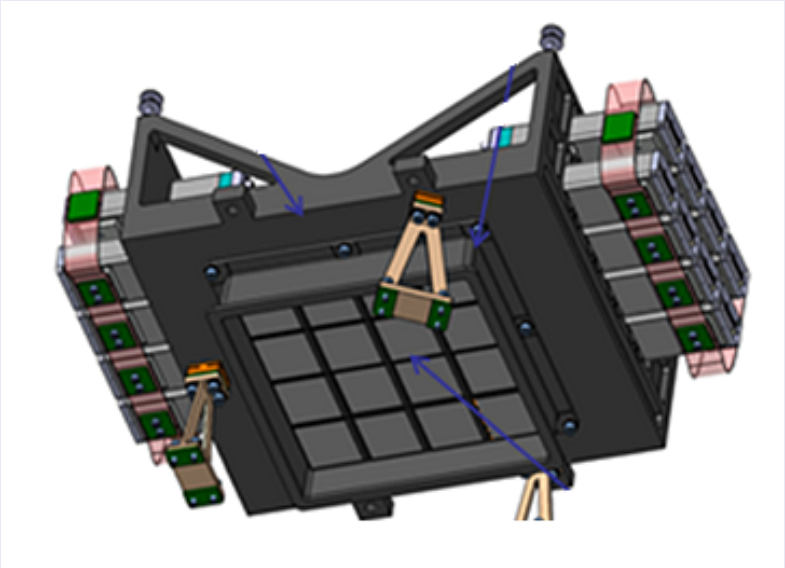
VIS - WL

VISible Imager
6x6 CCDs format 4kx4k
$\Delta\lambda$: 550 à 900 nm

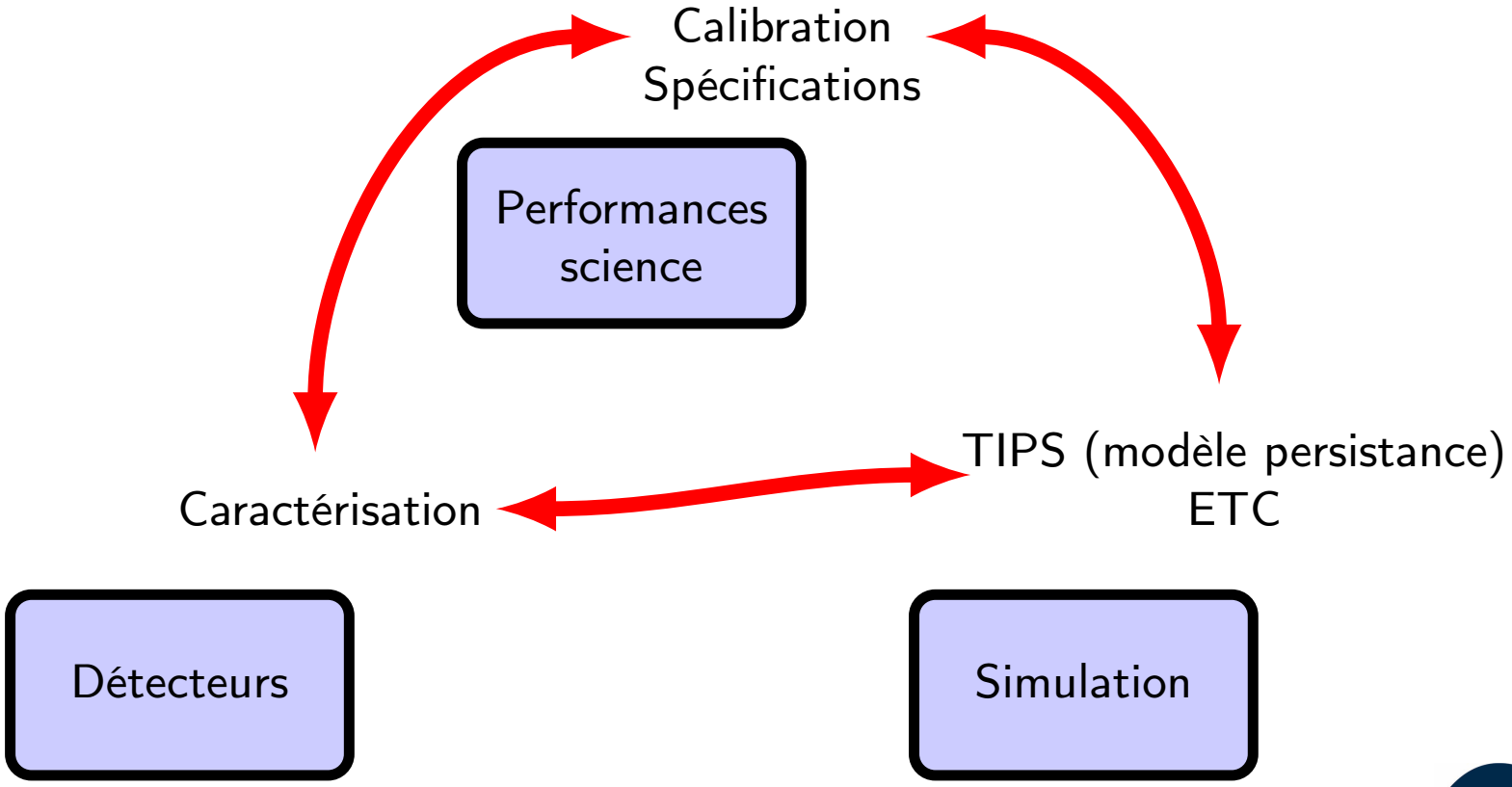
NISP - BAO

Near-**I**nfrared
Spectro**P**hotometer
4x4 H2RGs format 2kx2k
$\Delta\lambda$: 920 à 2000 nm

NISP



Mon implication dans l'instrument NISP



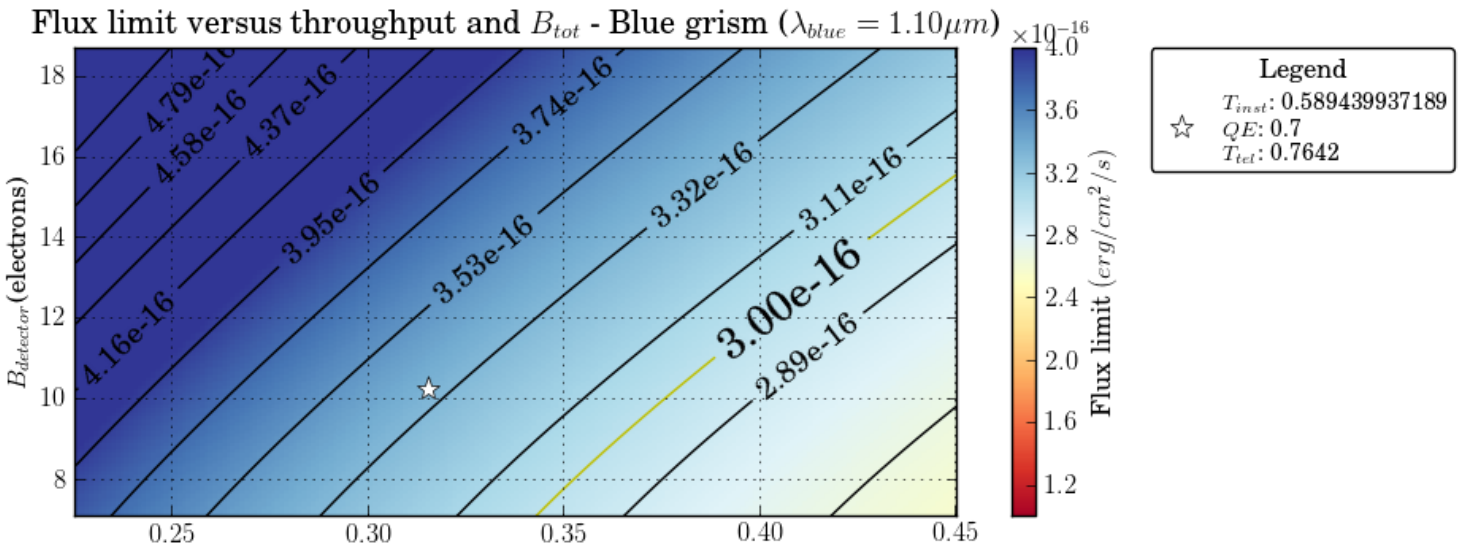
Exposure Time Calculator

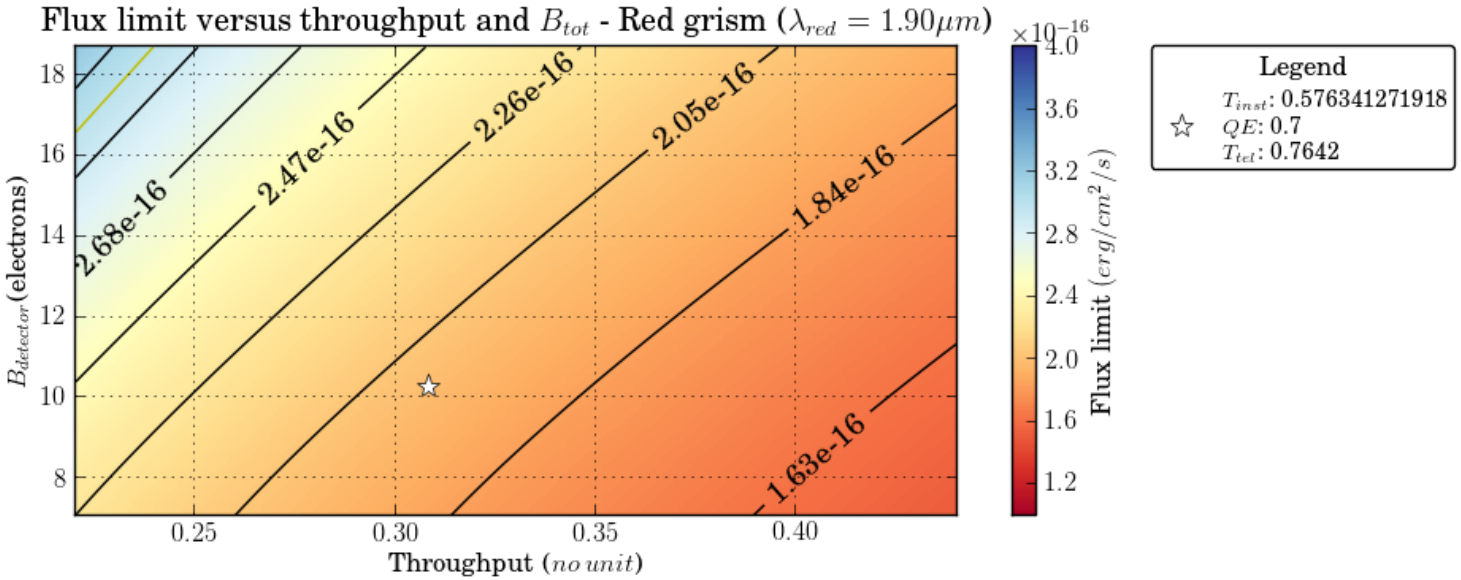
Conception d'un ETC pour évaluer les performances pour la science avec les spécifications données :

Principe Se servir de la formule de signal sur bruit pour estimer les performances que l'on peut attendre du détecteur

$$SNR = \frac{Signal}{Bruit} = \frac{\sum_i F_i \cdot T_i}{\sum_j B_j}$$

Exemple Exemple de détection de raie $H\alpha$ à $3,5\sigma$: Étude des Bruits/Efficacité


Flux limit versus throughput and B_{tot} - Blue grism ($\lambda_{blue} = 1.10\mu m$)
$\times 10^{-16}$
4.79e-16
4.58e-16
4.37e-16
3.74e-16
3.95e-16
3.32e-16
3.53e-16
3.11e-16
4.16e-16
3.00e-16
2.89e-16
$B_{detector}$ (electrons)
Flux limit ($erg/cm^2/s$)
Legend
T_{inst}: 0.589439937189
QE: 0.7
T_{tel}: 0.7642


Flux limit versus throughput and B_{tot} - Red grism ($\lambda_{red} = 1.90\mu m$)
$\times 10^{-16}$
2.68e-16
2.47e-16
2.26e-16
2.05e-16
1.84e-16
1.63e-16
$B_{detector}$ (electrons)
Throughput (no unit)
Flux limit ($erg/cm^2/s$)
Legend
T_{inst}: 0.576341271918
QE: 0.7
T_{tel}: 0.7642

Sommaire

1. La mission spatiale EUCLID
2. La caractérisation de détecteurs
   - Moyens à disposition pour la caractérisation
   - La chaîne d'acquisition
   - Analyses & Modélisation
3. Conclusions & Perspectives

La caractérisation des détecteurs :

La caractérisation des détecteurs :

Le but : Pouvoir sortir des cartes de réponse du détecteur.

- courant d'obscurité - limiter les fuites de lumière
- efficacité quantique - illumination champ plat
- coefficients de non-linéarité - mesures à bas et haut flux
- gain - gamme dynamique de flux

La caractérisation des détecteurs :

Le but : Pouvoir sortir des cartes de réponse du détecteur.

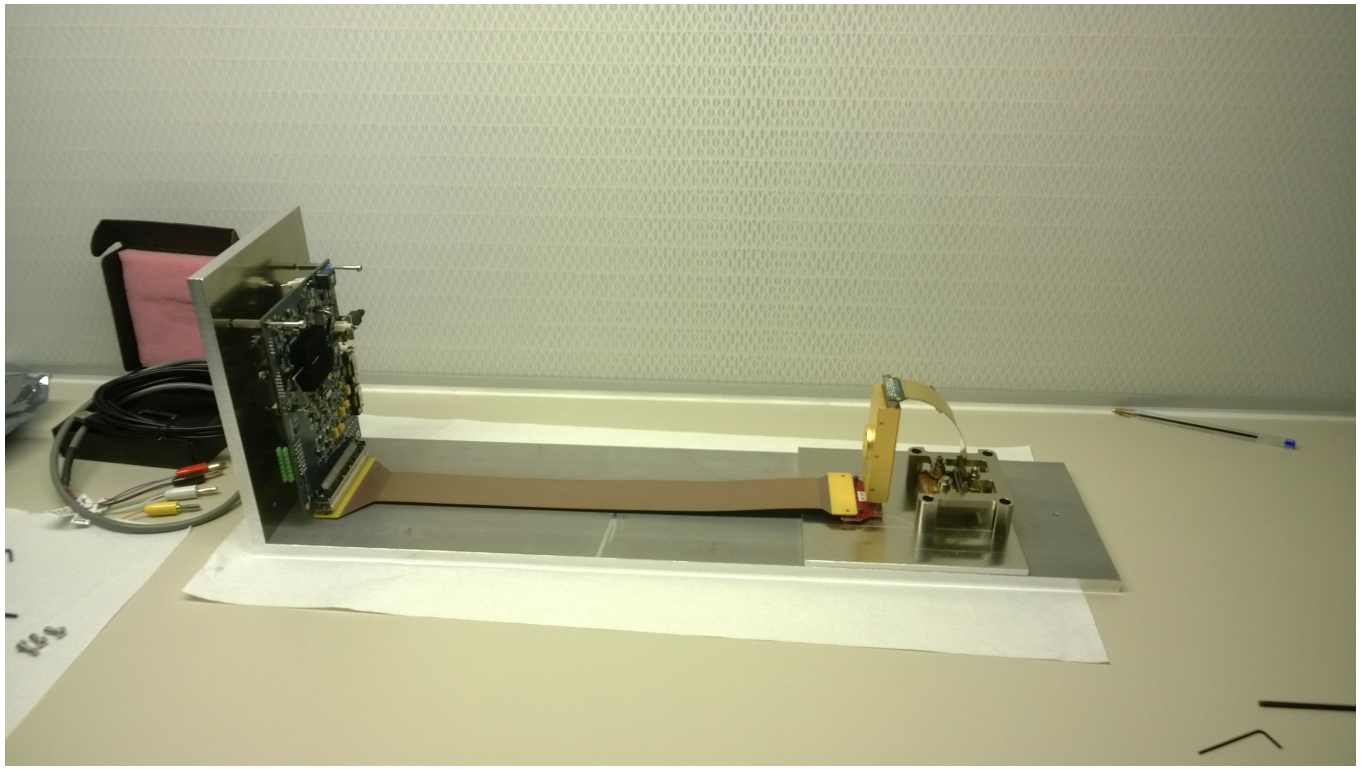
- courant d'obscurité - limiter les fuites de lumière
- efficacité quantique - illumination champ plat
- coefficients de non-linéarité - mesures à bas et haut flux
- gain - gamme dynamique de flux

Les contraintes : Travailler pour le spatial impose certaines conditions de travail.

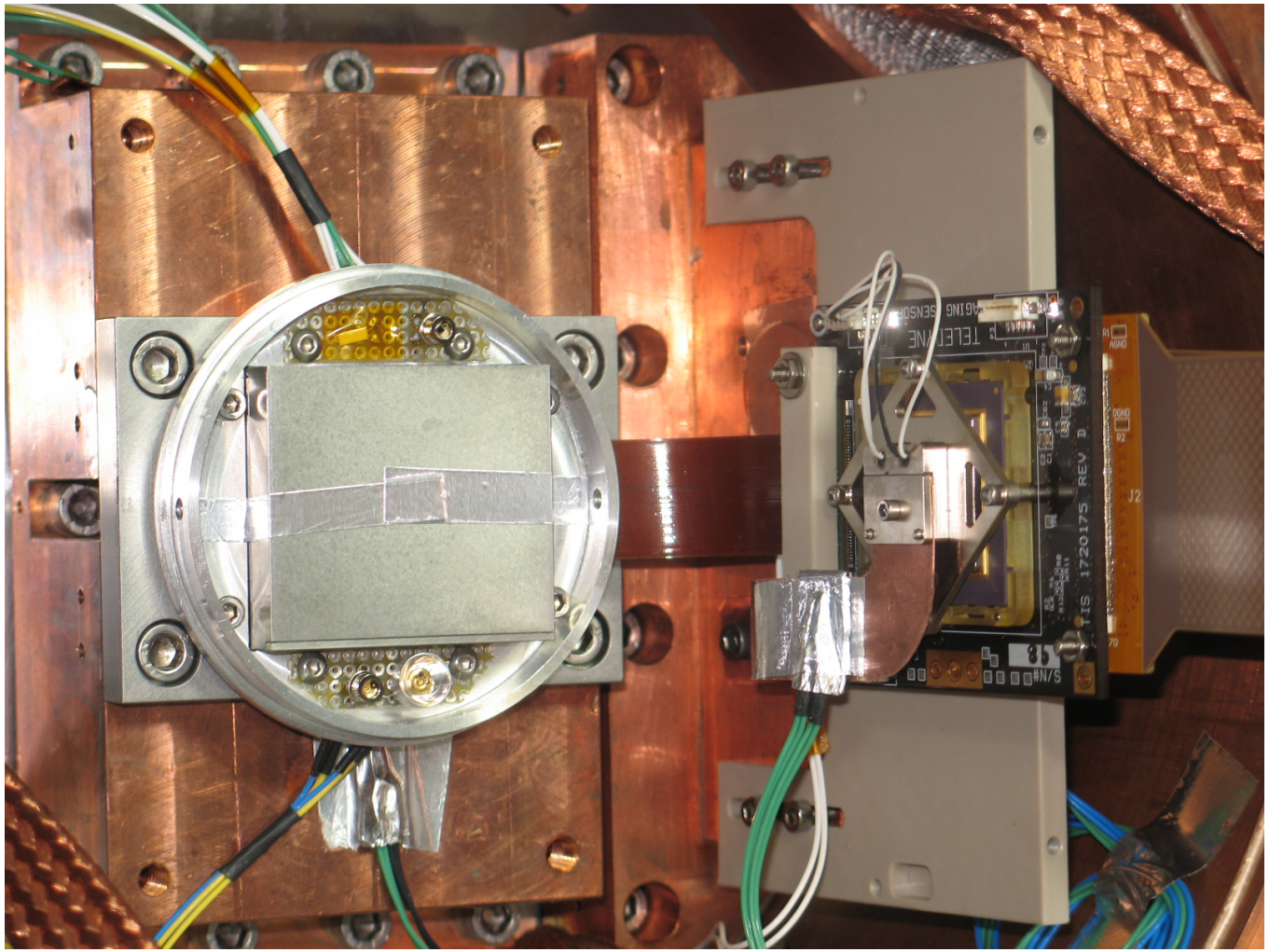
- Environnement propre (salle propre, contrôle de la contamination)
- Caractérisation aux conditions similaire au fonctionnement de l'instrument (cryogénie, vide)

Salle propre ISO 7 avec hotte à flux laminaire ISO 5

Banc de "tests à chaud" de la chaîne de détection

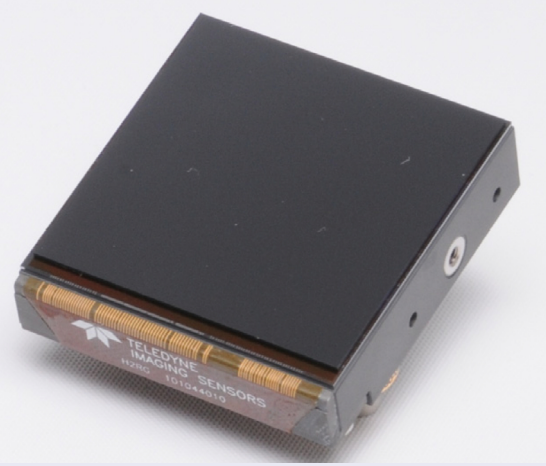


Détecteur et son électronique dans le cryostat Altaïr



La chaîne d'acquisition du détecteur H2RG

Détecteur



Électronique lecture

Carte d'acquisition

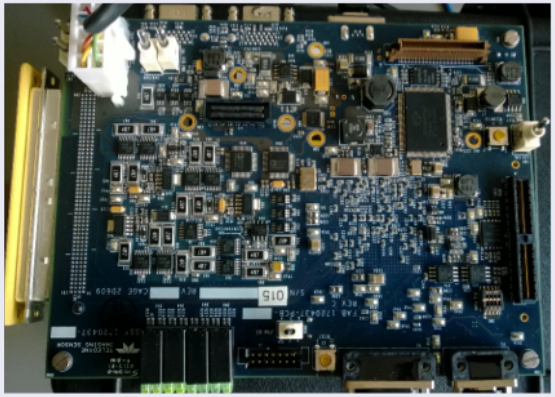
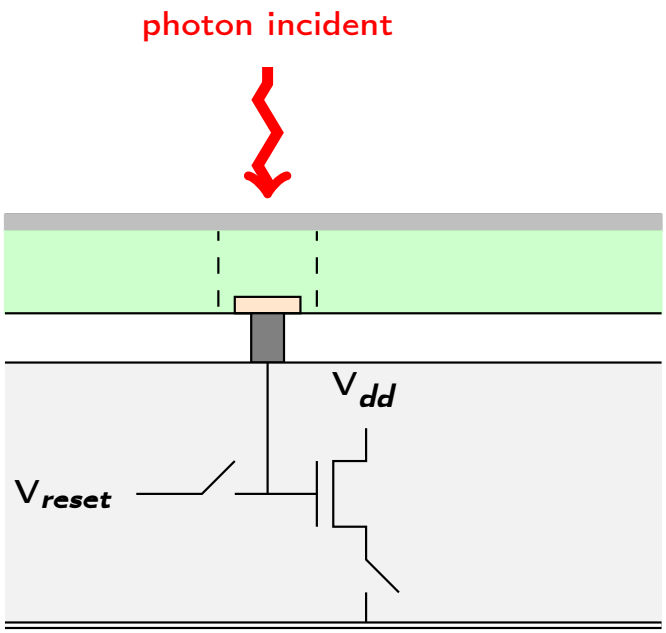


Schéma d'un pixel



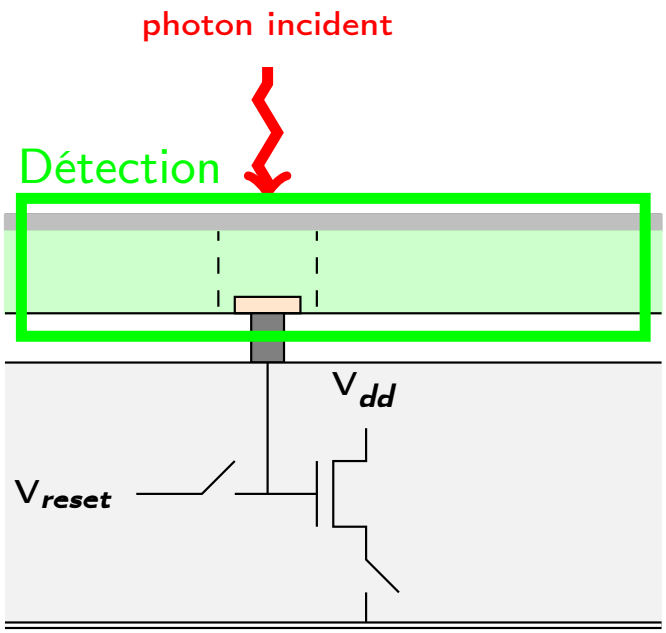
Couche AR
Jonction P-N en HgCdTe

Bille d'indium

Circuit de lecture (ROIC) Multiplexe Si

Bus vers l'amplificateur de lecture

Schéma d'un pixel



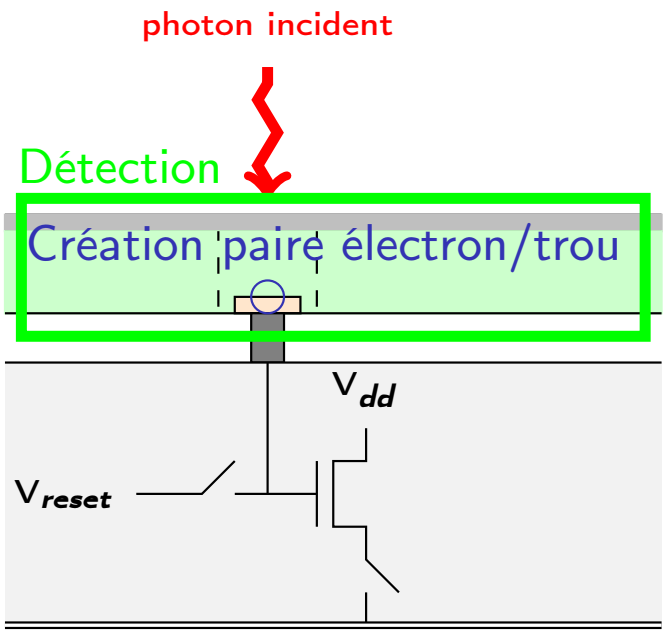
Couche AR
Jonction P-N en HgCdTe

Bille d'indium

Circuit de lecture (ROIC) Multiplexe Si

Bus vers l'amplificateur de lecture

Schéma d'un pixel



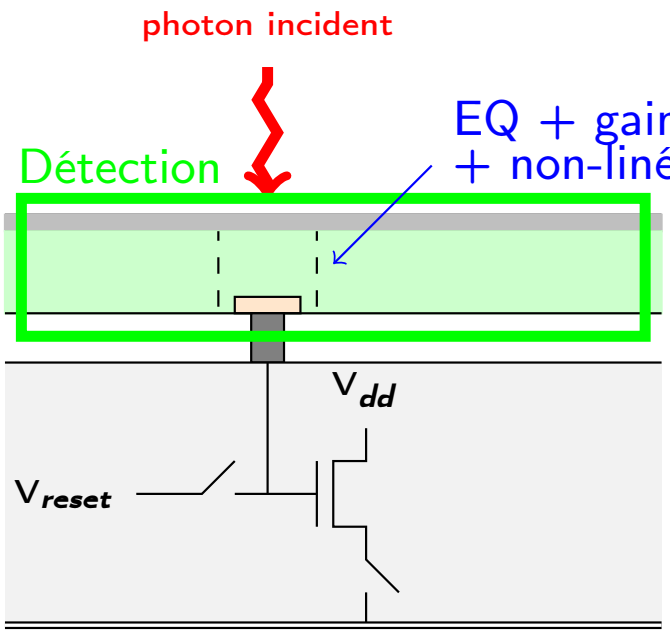
Couche AR
Jonction P-N en HgCdTe

Bille d'indium

Circuit de lecture (ROIC) Multiplexe Si

Bus vers l'amplificateur de lecture

Schéma d'un pixel



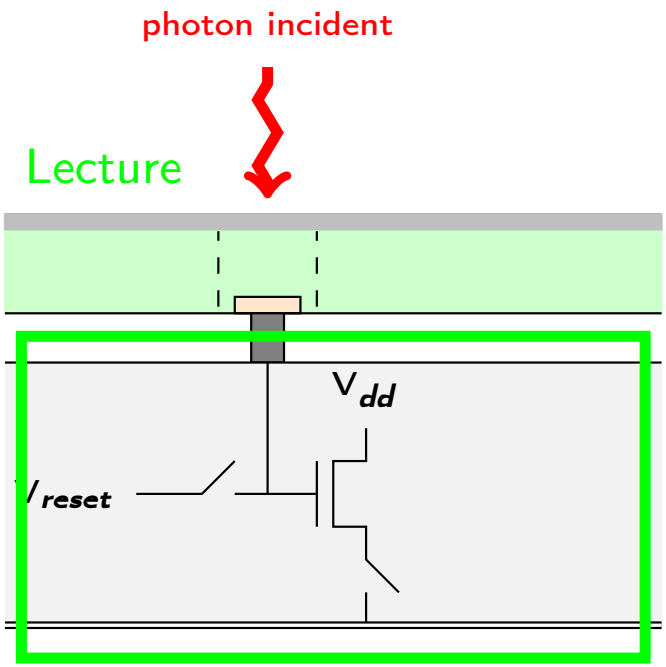
Couche AR
Jonction P-N en HgCdTe

Bille d'indium

Circuit de lecture (ROIC) Multiplexe Si

Bus vers l'amplificateur de lecture

Schéma d'un pixel



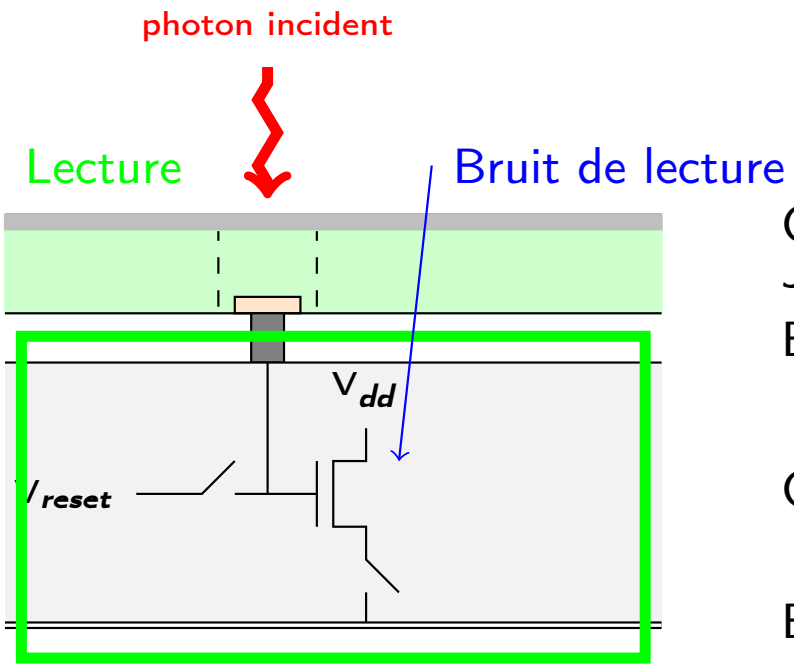
Couche AR
Jonction P-N en HgCdTe

Bille d'indium

Circuit de lecture (ROIC) Multiplexe Si

Bus vers l'amplificateur de lecture

Schéma d'un pixel



Couche AR
Jonction P-N en HgCdTe

Bille d'indium

Circuit de lecture (ROIC) Multiplexe Si

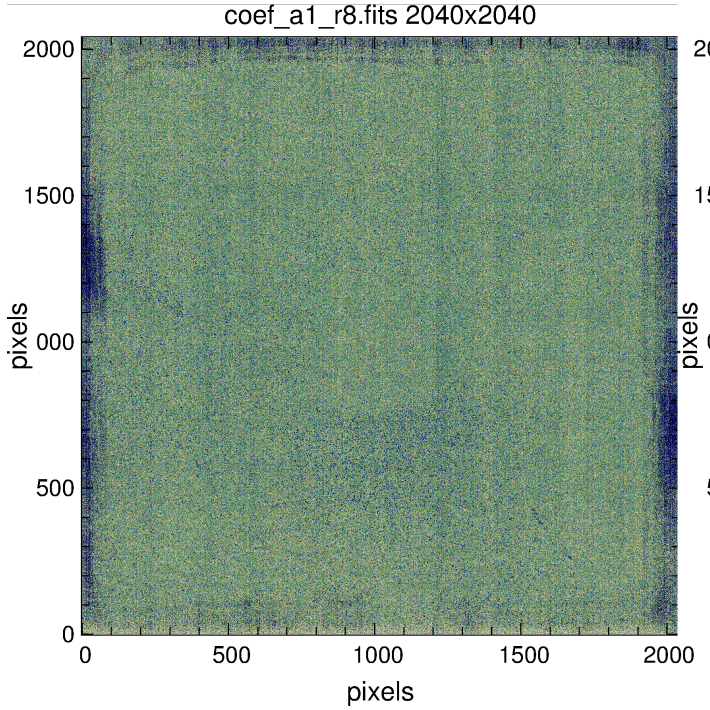
Bus vers l'amplificateur de lecture

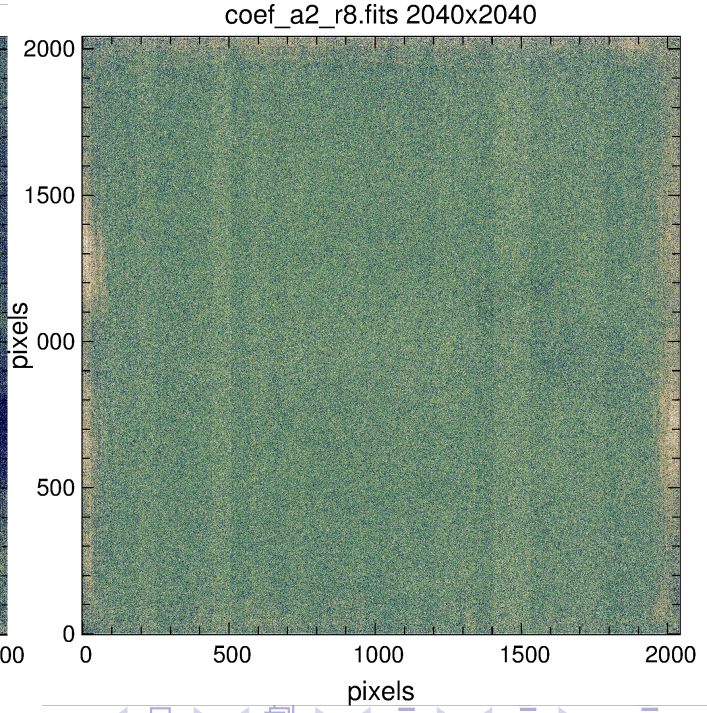
Non-linéarité La non-linéarité de réponse du détecteur est un effet à corriger au sol et en vol.

$$S_{NL} = Gain \cdot (a_1 \cdot S_{real} + a_2 \cdot S_{real}^2)$$

Étude faite et méthode dévelopée pour les correction sol/vol basée sur la mesure des coefficients a_1 et a_2.

Coefficients calculés au sol et vérifiés en vol.



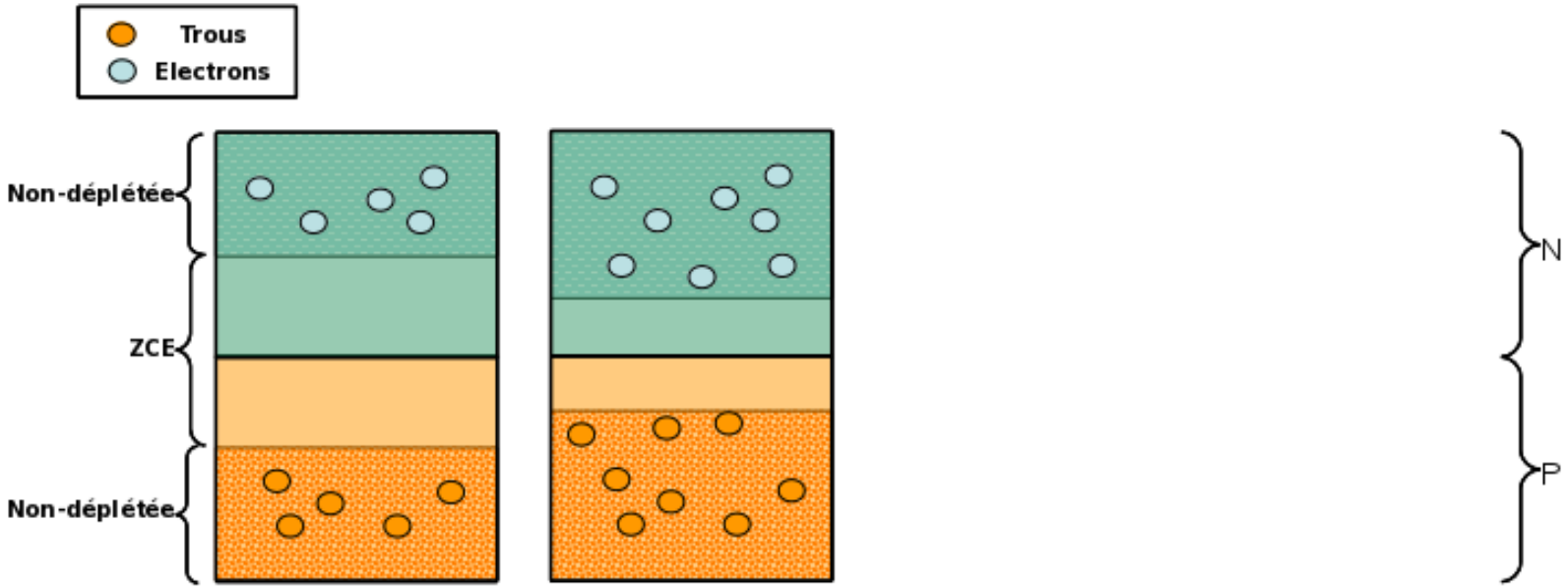


Persistance La persistance est un effet de "mémoire" du pixel, qui fait qu'une source de l'observation N peut être visible durant l'observation $N+1$

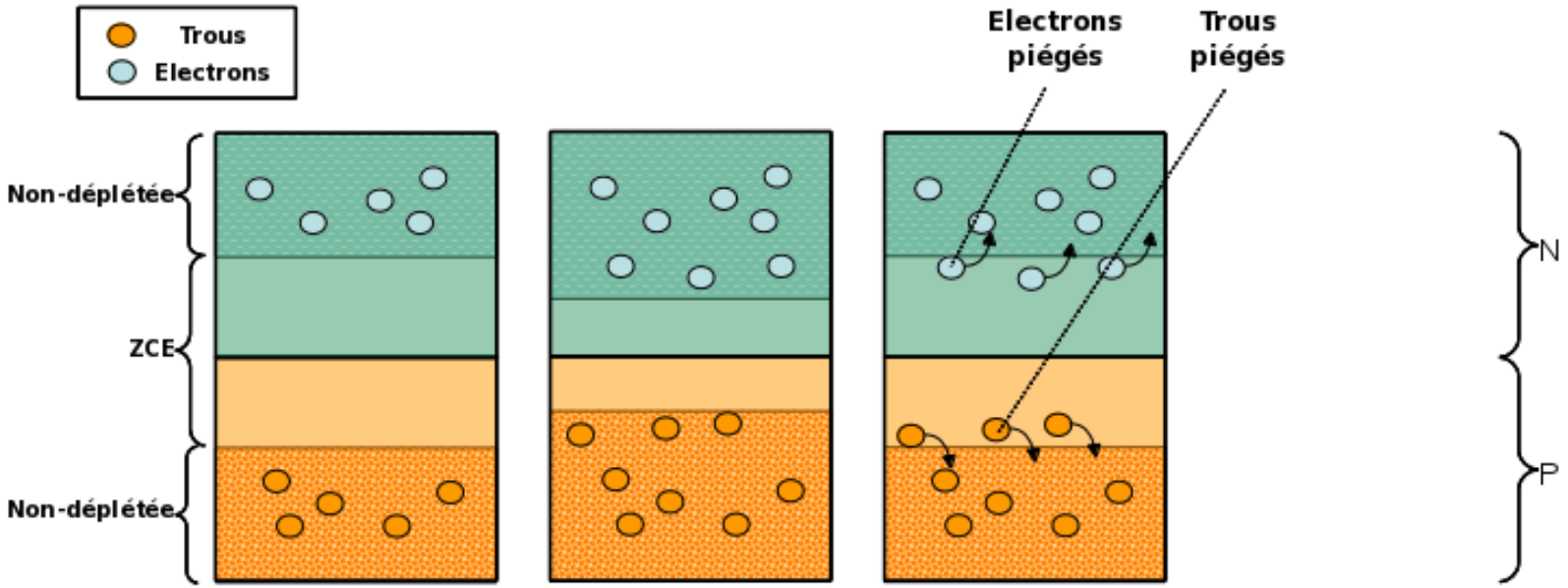
Science : Impact possible sur l'emplacement des raies en spectrométrie, ou position des objets pendant les observations en photométrie.

Le modèle physique de l'effet de persistance :

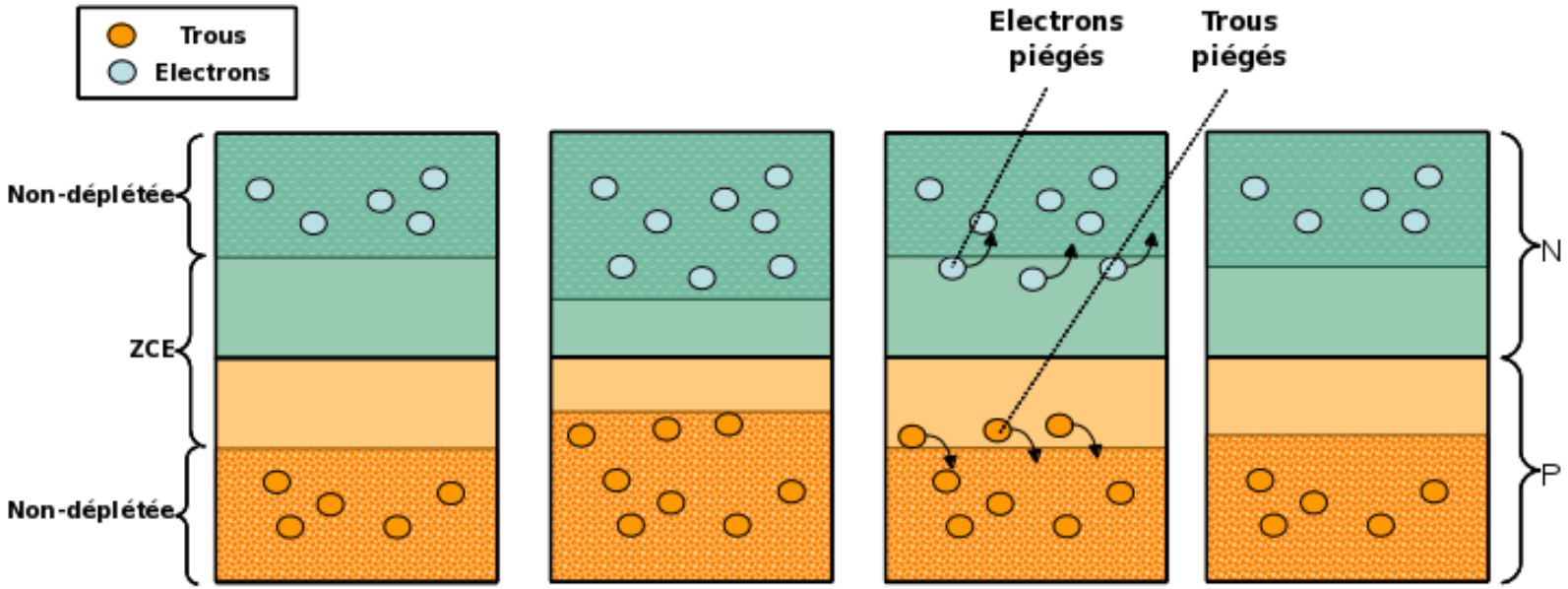
Le modèle physique de l'effet de persistance :



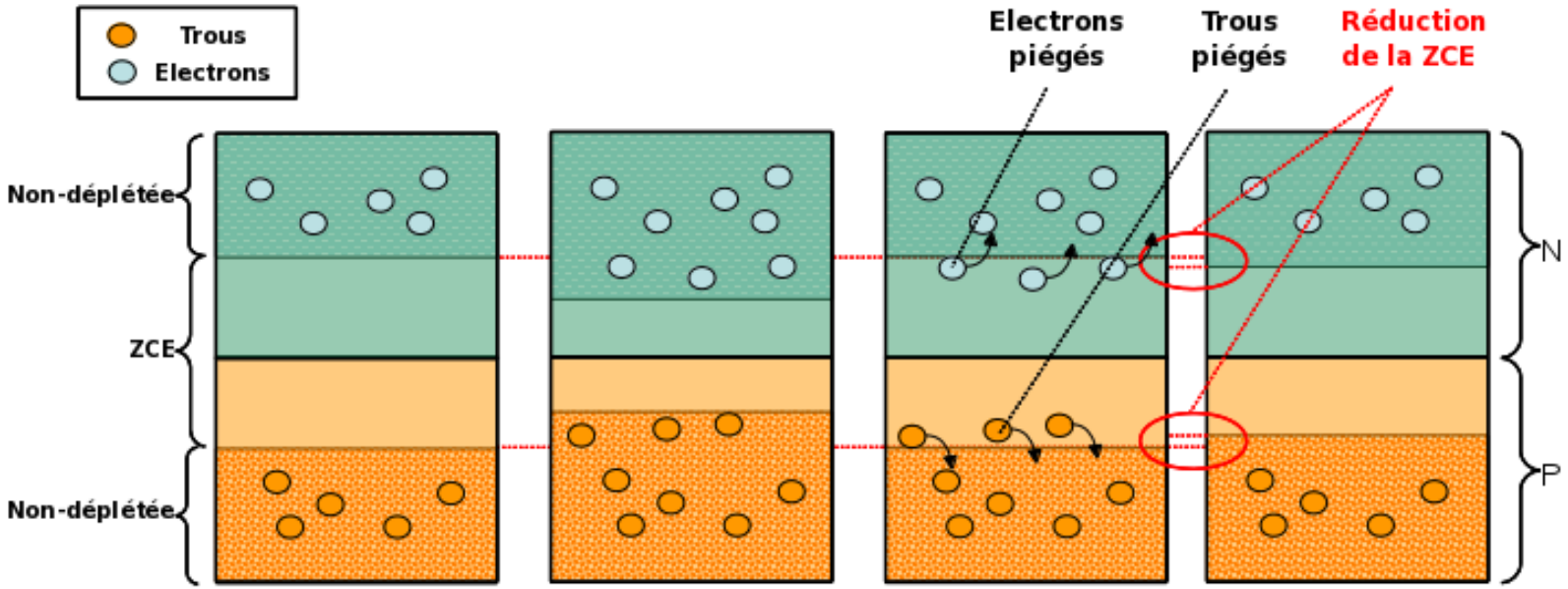
Le modèle physique de l'effet de persistance :



Le modèle physique de l'effet de persistance :



Le modèle physique de l'effet de persistance :



Le modèle admis de persistance (R. Smith 2008) :

Le modèle admis de persistance (R. Smith 2008) :

Décroissance Double exponentielle :
$A \cdot (P_{slow} \cdot e^{-\tau_{slow} t} + P_{fast} \cdot e^{-\tau_{fast} t})$

Temps Constantes de temps dépendantes du temps d'illumination
> *La persistance peut durer plusieurs heures*

Amplitude Signal de persistance dépendant du signal de l'observation précédente

Dépendance du modèle Température, forme de l'objet sur le détecteur

Le modèle admis de persistance (R. Smith 2008) :

Décroissance Double exponentielle :
$A \cdot (P_{slow} \cdot e^{-\tau_{slow} t} + P_{fast} \cdot e^{-\tau_{fast} t})$

Temps Constantes de temps dépendantes du temps d'illumination
> *La persistance peut durer plusieurs heures*

Amplitude Signal de persistance dépendant du signal de l'observation précédente

Dépendance du modèle Température, forme de l'objet sur le détecteur

Travail sur les conditions influençant les paramètres du modèle (constantes de temps et amplitude)

Décroissance de la persistance dépendante du temps d'exposition, libération de charges pendant plusieurs heures.

Schéma d'observation de l'instrument NISP

Décroissance de la persistance dépendante du temps d'exposition, libération de charges pendant plusieurs heures.

Schéma d'observation de l'instrument NISP

Cycle 1

Décroissance de la persistance dépendante du temps d'exposition, libération de charges pendant plusieurs heures.

Schéma d'observation de l'instrument NISP

Cycle 1

Spectrométrie (565 s)

Décroissance de la persistance dépendante du temps d'exposition, libération de charges pendant plusieurs heures.

Schéma d'observation de l'instrument NISP

Cycle 1

Spectrométrie (565 s) | Y ($\approx 100s$) | J ($\approx 100s$) | H ($\approx 100s$)

Décroissance de la persistance dépendante du temps d'exposition, libération de charges pendant plusieurs heures.

Schéma d'observation de l'instrument NISP

Cycle 1

Spectrométrie (565 s) | Y ($\approx 100s$) | J ($\approx 100s$) | H ($\approx 100s$)

Décroissance de la persistance dépendante du temps d'exposition, libération de charges pendant plusieurs heures.

Schéma d'observation de l'instrument NISP

Cycle 1

Spectrométrie (565 s)	Y ($\approx 100s$)	J ($\approx 100s$)	H ($\approx 100s$)

Cycle 2

Spectrométrie (565 s)	Y ($\approx 100s$)	J ($\approx 100s$)	H ($\approx 100s$)

Décroissance de la persistance dépendante du temps d'exposition, libération de charges pendant plusieurs heures.

Schéma d'observation de l'instrument NISP

Cycle 1

Spectrométrie (565 s)	Y ($\approx 100s$)	J ($\approx 100s$)	H ($\approx 100s$)

Cycle 2

Spectrométrie (565 s)	Y ($\approx 100s$)	J ($\approx 100s$)	H ($\approx 100s$)

Cycle 3

Spectrométrie (565 s)	Y ($\approx 100s$)	J ($\approx 100s$)	H ($\approx 100s$)

Décroissance de la persistance dépendante du temps d'exposition, libération de charges pendant plusieurs heures.

Schéma d'observation de l'instrument NISP

Cycle 1

Spectrométrie (565 s)	Y ($\approx 100s$)	J ($\approx 100s$)	H ($\approx 100s$)

Cycle 2

Spectrométrie (565 s)	Y ($\approx 100s$)	J ($\approx 100s$)	H ($\approx 100s$)

Cycle 3

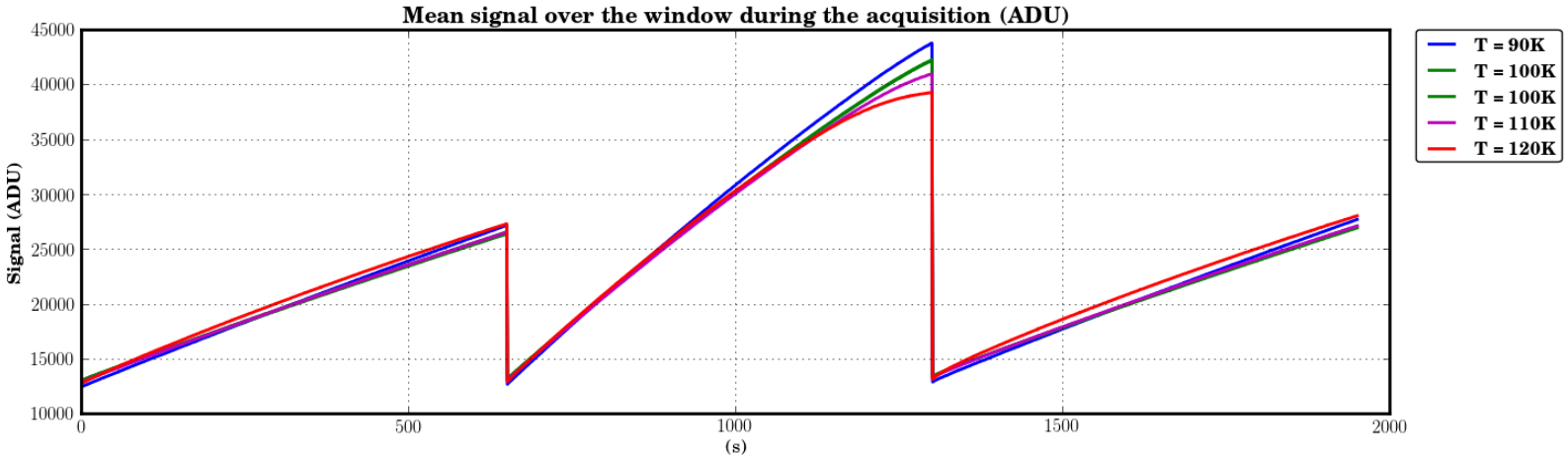
Spectrométrie (565 s)	Y ($\approx 100s$)	J ($\approx 100s$)	H ($\approx 100s$)

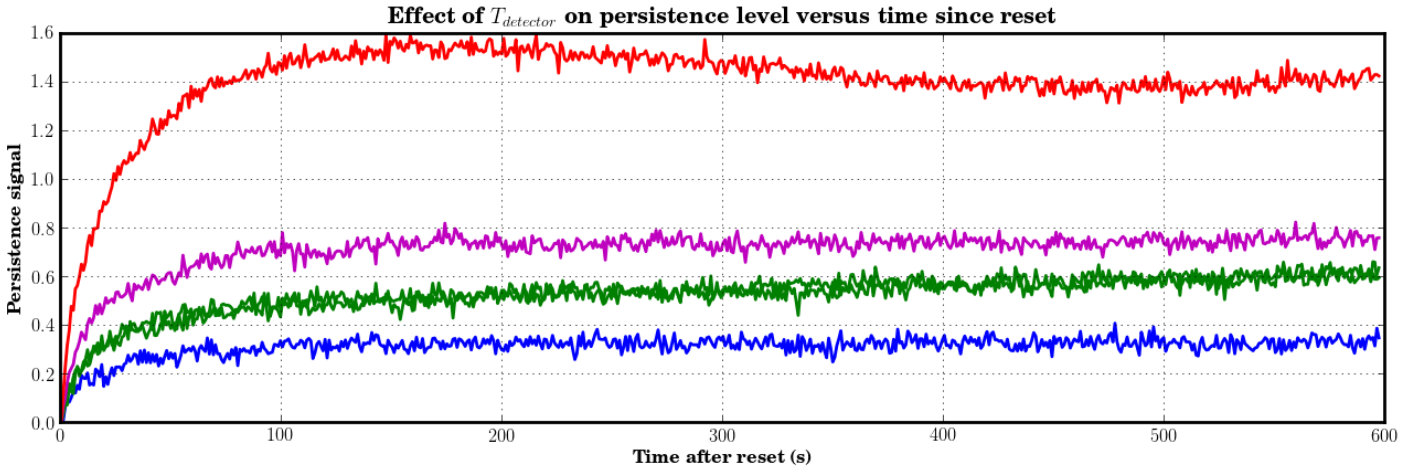
Cycle 4

Spectrométrie (565 s)	Y ($\approx 100s$)	J ($\approx 100s$)	H ($\approx 100s$)

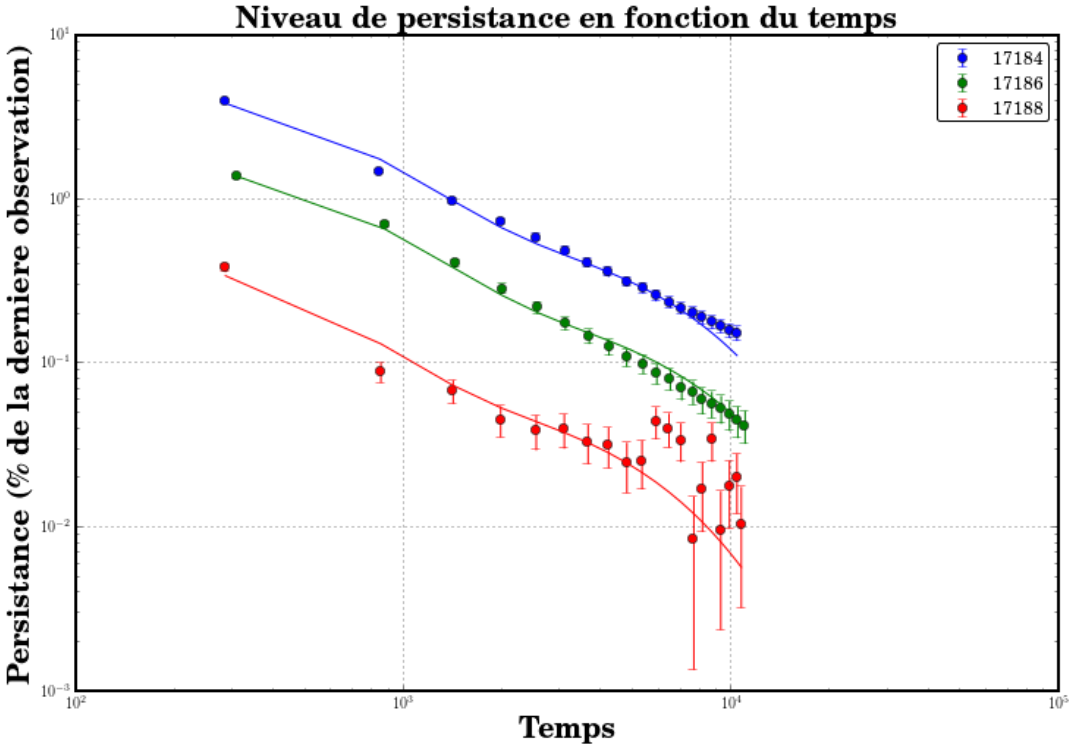
Étude de l'effet de la température de fonctionnement du détecteur sur le niveau de persistance (courtesy of ESA).

Étude de l'effet de la température de fonctionnement du détecteur sur le niveau de persistance (courtesy of ESA).

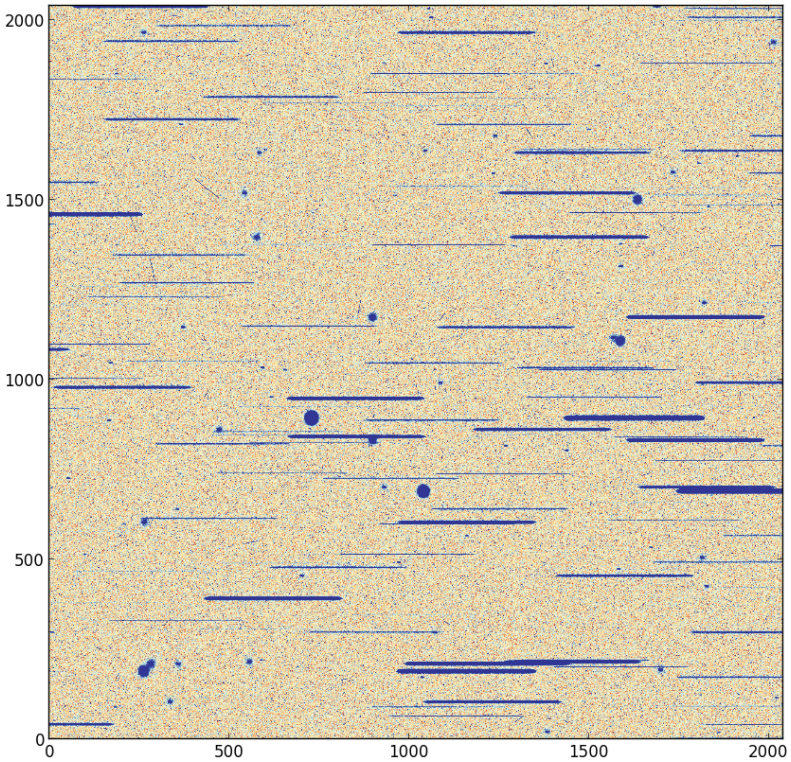




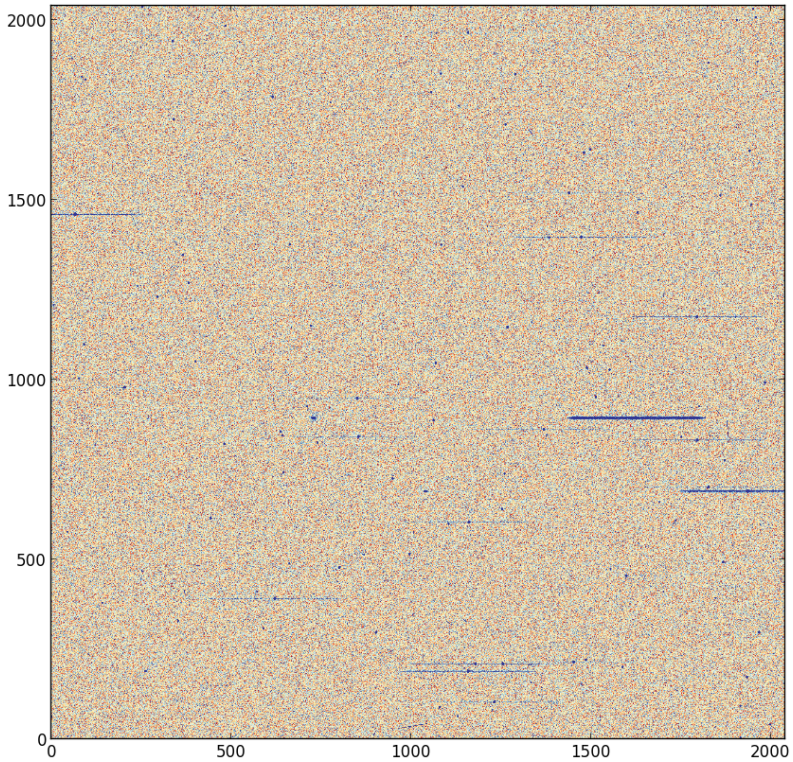
Modèle de décroissance de la persistance (courtesy of NASA).



Observation en photométrie impactée par la persistance.



Observation en photométrie impactée par la persistance.



- Le temps d'observation influe les constantes de décroissance de la persistance.
- La température influe sur l'amplitude du signal de persistance.
- Le modèle est bien décrit par une double exponentielle décroissante.

Nécessité de la mise en place d'une méthode de correction pour la persistance.

Sommaire

1. La mission spatiale EUCLID
2. La caractérisation de détecteurs
3. Conclusions & Perspectives

Conclusions :

- Banc de tests à chaud prêt à fonctionner au CPPM
- Premier détecteur reçu et en cours de fonctionnement
- Étude de méthode de caractérisation (gain, non-linéarité)
- Premières études de la persistance montrent que :
  > *La décroissance de la persistance suit bien des lois exponentielles*
  > *L'amplitude de la persistance dépend fortement de la température de fonctionnement du détecteur*
  > *La possibilité de corriger cet effet en cours d'évaluation par simulation et avec des données*

Perspectives :

- Tests à chaud et à froid des détecteurs H2RG
- Validation d'un nouveau setup pour des mesures de persistance
- Mise en place d'un plan de test de caractérisation
- Mise en place de simulation globale pixel pour évaluer et corriger les effets de la persistance sur la science
- Définition d'une méthode de correction pour la persistance

Merci de votre attention !