

Les outils de simulation ARIEL
ArielRAD, ExoSim,
ExoDB, MPDB...

M. Ollivier - IAS





ARIEL : modélisation

ARIEL Rad : (Mugnai et al., Exp Astron, 2020, 50 p.303-328)

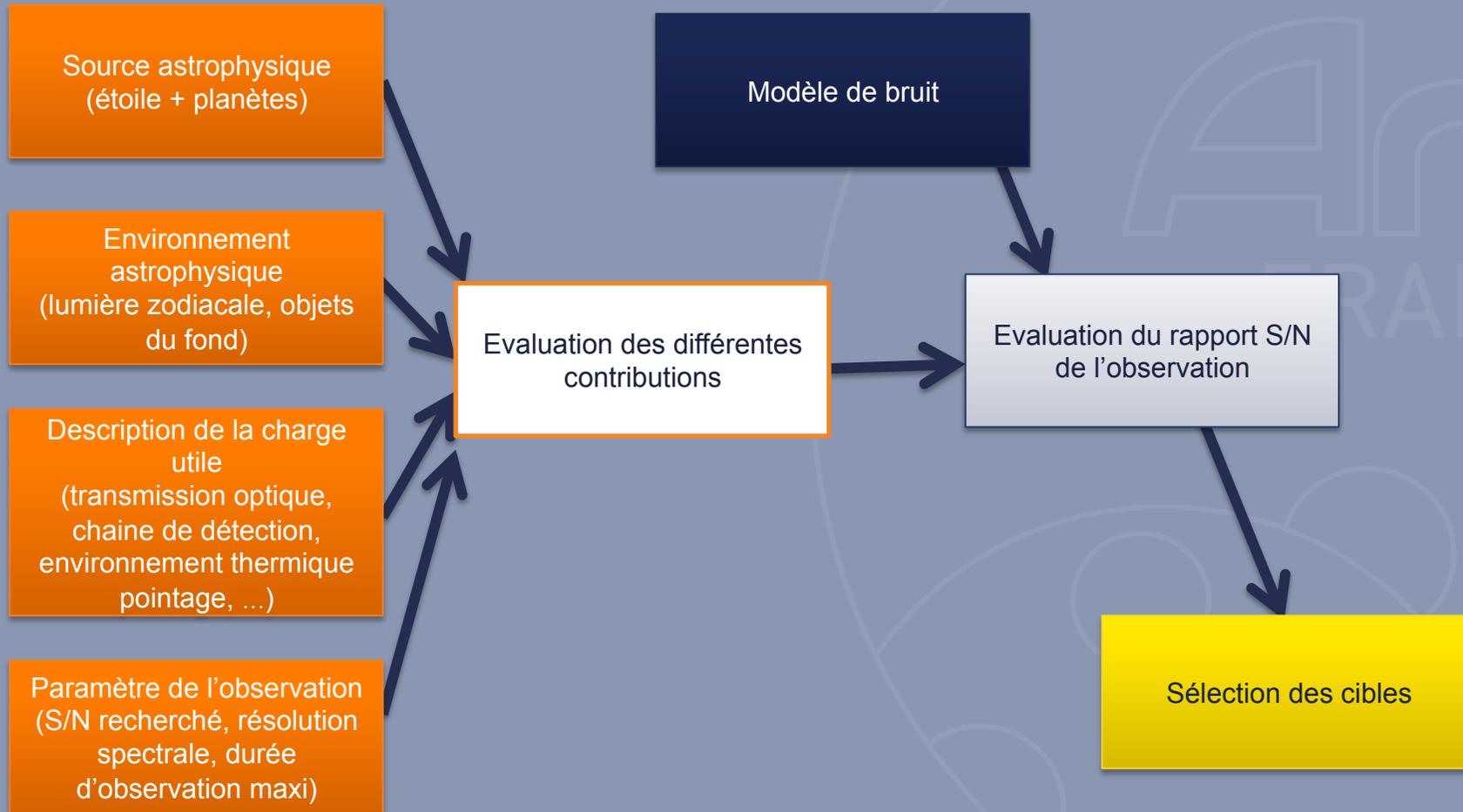
- Modèle radiométrique : modélisation simple de la scène, de la chaîne d'acquisition, et estimation du S/N (éclipse et transit)
- Modèle disponible online pour le consortium : <https://exodb.space/>
- Version avec les paramètres instrumentaux figés.
- Sélection des sources dans la base de données ExoDB
- Principe de base du futur Exposure Time Calculator (ETC)

Cf. Présentation des journées ARIEL France 2023





Principe du modèle radiométrique





ARIELRad en ligne :

<https://exodb.space/>

Load exoplanet
HD 209458 b

Stellar Properties

Mass (Msun): 1.15 Radius (Rsun): 1.16

Distance from Earth (pc): 48.3016

Temperature (K): 6117

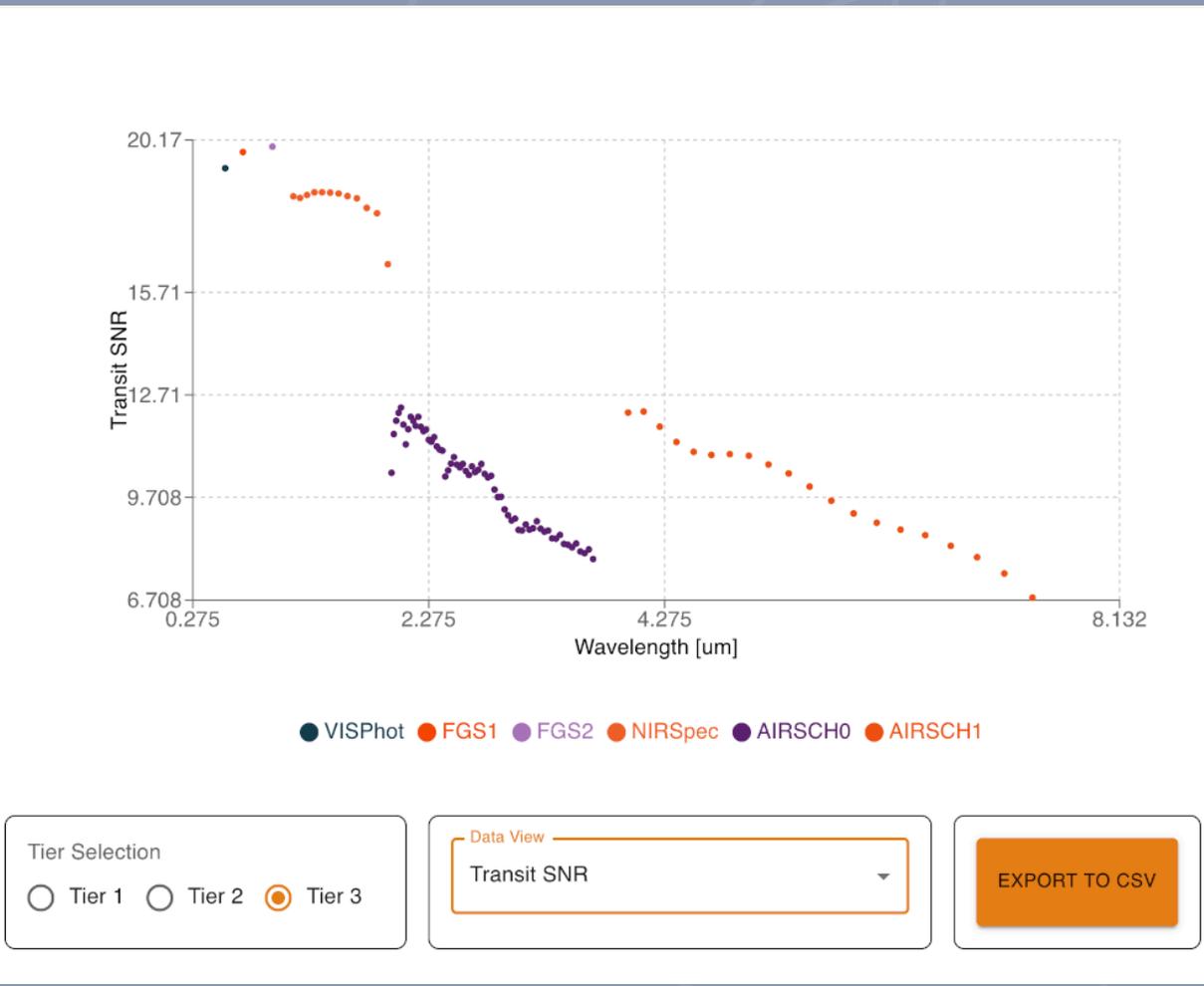
Planet Properties

Radius (Rjup): 1.38 Mass (Mjup): 0.714

Temperature (K): 1459 Semi Major Axis (AU): 0.04747

Albedo: 0.3 Transit Duration (hour): 3.072

EXECUTE





ExoRad 2 : modèle générique

- Modèle radiométrique en python, dont on peut modifier / configurer les différents paramètres
- Possibilité de définir le modèle du bruit
- Les paramètres sont configurés directement dans le code



How to install

 <https://github.com/ExObsSim/ExoRad2-public>

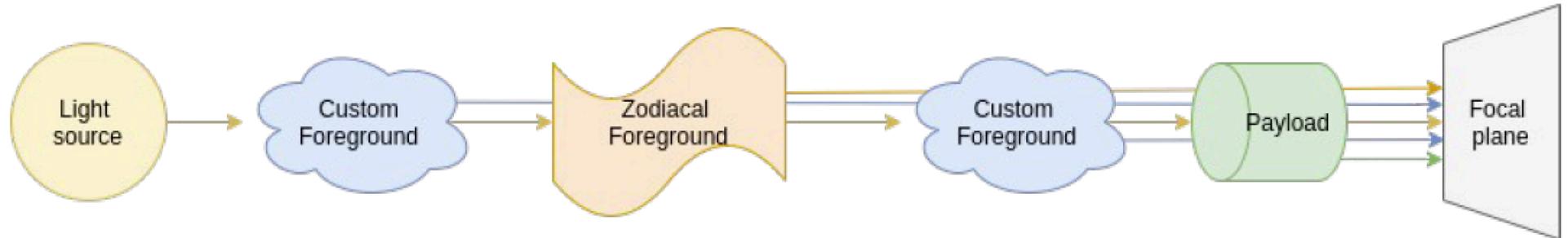
 `pip install exorad`

Documentation

 <https://exorad2-public.readthedocs.io/en/latest/>



ExoRad 2 : modèle générique



Corps noir
Modèle Phoenix
Custom SED (.cvs)

Zodiacal model
Custom contribution

+ Modèle de bruit

Element Type	Properties	Note
Surface	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature • Transmission (or Reflectivity) • Emissivity 	Mirrors, lenses Pixel solid angle Ω_{pix}
Filters	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature • Transmission • Emissivity • Reflectivity 	Pixel solid angle Ω_{pix} You can set wl_{min} & wl_{max}
Slit	<ul style="list-style-type: none"> • Width 	
Optical box	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature 	Pixel solid angle $\pi - \Omega_{pix}$
Detector box	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature 	Pixel solid angle π



Ce qu'un modèle radiométrique ne fait pas...

Modèle radiométrique :

- suppose que les paramètres des sources de signal et de bruit sont stables dans le temps, (pas de prise en compte l'activité stellaire...)
- Approche statistique des effets individuels (ex : comportement des détecteurs)
- Pas de corrélation dans les différentes sources de bruit
- Soustraction parfaite des composantes non aléatoires fonds, tendances, ...).
- Pas de prise en compte des effets non linéaires de l'instrument et de la chaîne de détections en particulier
- Chaque élément de résolution spectrale est pris indépendamment des autres. Pas de prise en compte de l'information corrélée dans le signal

Dans tous les cas, un modèle radiométrique est une estimation plutôt optimiste de la performance.

Il est nécessaire de développer un modèle plus complet (ARIELSIM) avec une description réaliste de l'instrument



ARIEL : modélisation

EXOSIM

Modèle analytique complet, de la scène astrophysique aux données traitées

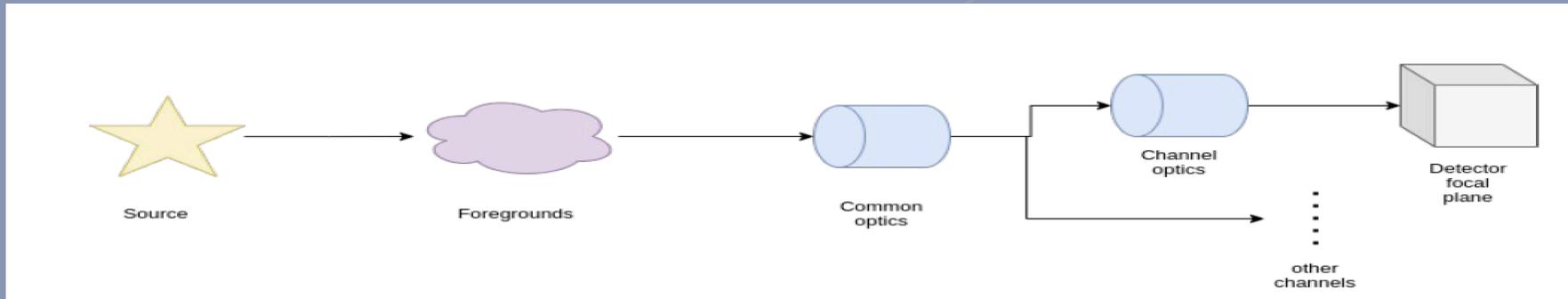
- Modèle complet et complexe end to end de la charge utile
- Nombreux paramètres nécessitant une connaissance très pointue de la charge utile.
- Temps de calcul long et travail fastidieux
- Version publique du modèle disponible,

EXOSIM-2 : <https://github.com/arielmission-space/ExoSim2-public/>

- Nouvelle version d'EXOSIM
- Orientée objet
- Plus rapide en temps de calcul
- Plus facile à configurer (moins difficile)
- Version publique disponible



EXOSIM-2 : philosophie

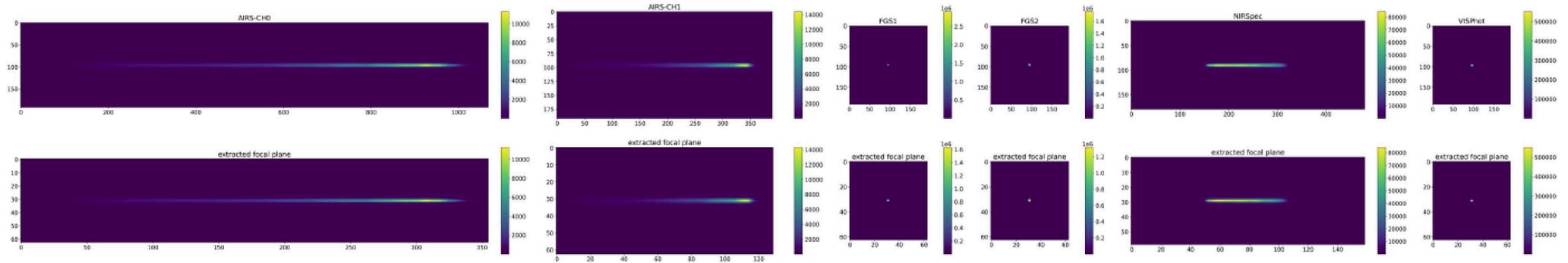


- Comme ARIELRad, propagation de la source au détecteur MAIS
- Modélisation des images focales (sur-échantillonnée pour faciliter la modélisation de certains effets)
- Dépendance en (λ, t) de la source, de la transmission, des PSF et donc au final des images focales
- Modélisation fine : ex : réponse des pixels
- Modélisation des processus de lecture (lectures non destructives, échantillonnage de la rampe, ...) et production de données associées
- Productions de séquences temporelles pour simuler des effets de jitter
- Modèle évolutif où on peut rajouter ses propres modules
- Des outils pour visualiser les données

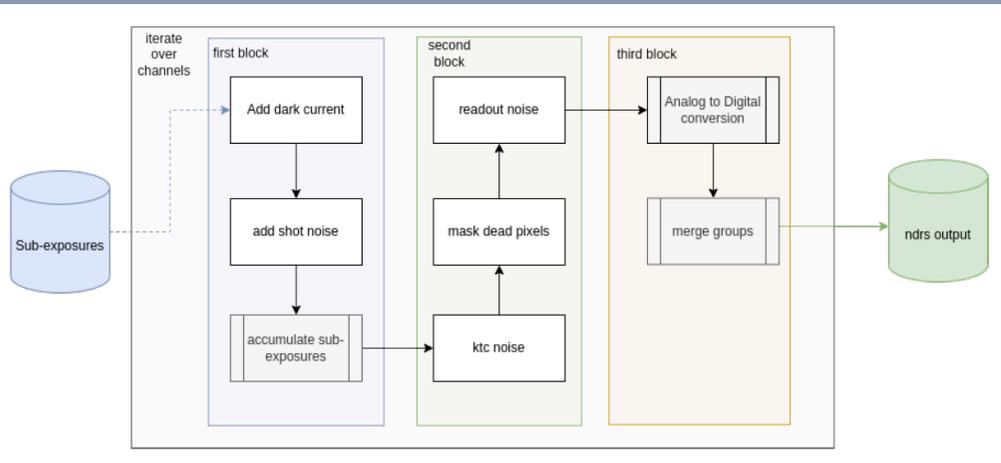


EXOSIM-2 : exemple

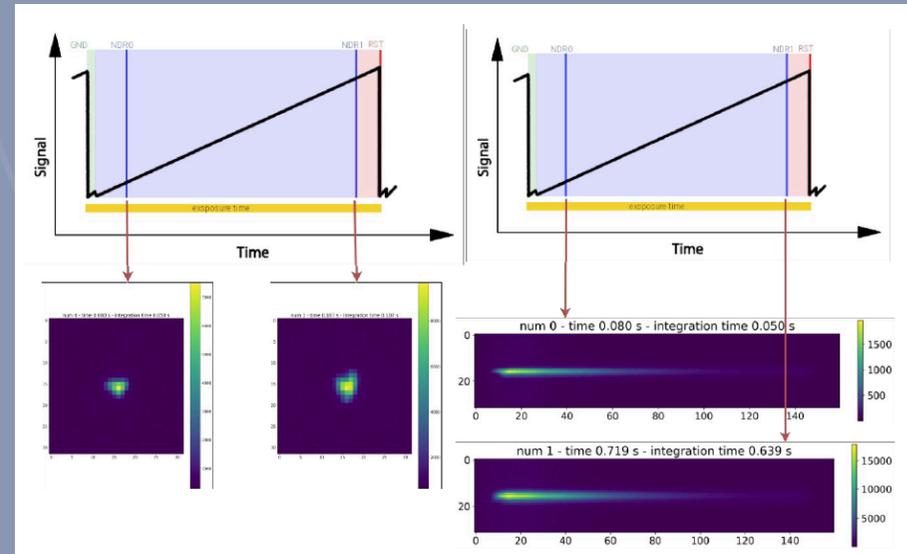
Instruments ARIEL (FGS et AIRS)



Non destructive readouts



Sampling of the ramp





Simulations: Paramètres

Nécessité d'avoir des paramètres fiables et communs pour les simulations

- Caractéristiques optiques (nombres de surfaces, transmissions et réflexion des matériaux, revêtements AR, puissances optiques, ...)
- Caractéristiques détecteurs (couant d'obscurité, bruit de lecture, caractéristiques électroniques, ...)
- Caractéristique instrument (champ, taille des fenêtres de lectures, ...)
- ...

Mission Parameter Data Base :

- Gérée par l'ESA
- Différentes versions des paramètres pour suivre l'évolution du projet (as required, as defined, as designed, as manufactured, as measured...)
- Mise à jour régulièrement par les responsables sous-systèmes
- Pour AIRS : maintenu par Norma Hurtado



Conclusion

Des outils performants pour les simulations

- Des outils simples et validés pour la préparation des activités scientifiques : couvrent la plus grande partie des besoins scientifiques
- Des outils plus complexes pour l'évaluation des performances et le développement des outils de traitement des données

Rapprochez-vous des développeurs instrumentaux si besoin de simulation très pointues.

Merci à L. Mugnai pour les illustrations associées à la présentation de ses codes et reprises dans cette présentation