

Analyse de l'enquête auprès de la communauté exoplanètes en France

Comité exoplanètes transverse

Mai 2022

Résumé

Nous présentons dans ce document une analyse de l'enquête effectuée auprès de la communauté exoplanètes française de novembre 2021 à janvier 2022. Nous avons obtenu 135 réponses complètes, couvrant 24 laboratoires en France (et 7 à l'étranger) et des personnels de tous statuts, dont 88 personnels permanents. Après une analyse de cette population (laboratoires, statut, genre, âge), nous présentons un panorama détaillé en termes d'approches, de méthodes et de thématiques couvertes. Notre communauté couvre en effet un éventail très large d'activités, avec dans la plupart des cas des études faisant appel à des thématiques et méthodes différentes. La communauté française utilise non seulement un très large panel d'instruments, que ce soit au sol, dans l'espace ou des instruments en laboratoire. Elle est également massivement impliquée dans la conception et la réalisation de ces instruments, y compris en termes de responsabilité dans des consortiums internationaux, ainsi que dans des recherches de R&D amont. Une implication forte dans de nombreux services d'observation de l'INSU est également notée, essentiellement en ANO2 et ANO5, et dans une moindre mesure en ANO3 et ANO4. La communauté française est aussi fortement impliquée dans les activités de modélisation et simulations autour de la formation, l'évolution et la caractérisation des exoplanètes. Une analyse des faits marquants indiqués dans les réponses à l'enquête (~200) indique des résultats dans toutes les approches et thématiques dans lesquelles la communauté française est impliquée. Pour compléter ce panorama des activités de recherche, nous avons identifié et caractérisé les interfaces avec les autres thèmes du PNP et les autres PN et AS concernés par cette thématique de recherche (PNPS, PCMI, PNST et ASHRA), interfaces qui s'avèrent fortes pour la plupart des répondants. Les moyens correspondent à de nombreuses sources de financement à différents niveaux, et incluent un grand nombre d'ANR et d'ERC couvrant au moins en partie la période 2018-2021. De même, 94 encadrements de thèses ont été listés couvrant au moins en partie cette période. L'enquête était davantage centrée sur le bilan des 4 années passées, mais quelques éléments de prospective peuvent déjà se dégager (ils seront complétés lors de l'exercice de prospective en 2024), avec des évolutions importantes des répondants vers les atmosphères, les approches statistiques, l'architecture des systèmes, le traitement numérique pour l'extraction du signal planétaire, mais aussi les interactions, l'étude de systèmes particuliers, et la formation planétaire. Enfin, nous avons obtenu quelques retours sur le fonctionnement et les missions du CET, ainsi que sur le souhait d'évoluer vers un PN dédié.

1. Introduction

Le comité exoplanète transverse (CET), mis en place par l'INSU à l'automne 2020 (voir composition et objectifs ici <https://pnps.cnrs.fr/tte.html>) a organisé un exercice de bilan et de prospective à mi-parcours en 2021-2022. Dans ce cadre, nous souhaitons obtenir un panorama le plus exhaustif possible de la communauté exoplanètes française, notamment en termes d'activités de recherche et de moyens. Nous souhaitons également mieux identifier les interfaces avec d'autres thématiques de recherche. L'objectif est donc d'établir une vision factuelle de la communauté, sur la période 2018-2021, et non d'en tirer des éléments de priorité.

L'enquête s'adressait à toute personne ayant eu des activités de recherche concernant tout ou partie la thématique des exoplanètes, et qui a travaillé en France au cours des 4

dernières années (pour tout ou partie), quel que soit le niveau de carrière (doctorants et post-doctorants compris) et quel que soit leur statut.

2. Méthode

L'enquête a été ouverte à la mi-novembre 2021, avec une date limite de réponse au 15 janvier 2022. L'ouverture du sondage s'est prolongée d'une semaine puis a été clos le 21 janvier. Le sondage était en français uniquement, et un contact était donné pour ceux souhaitant remplir le sondage mais rencontrant des difficultés du fait de la langue (aucune personne ne nous a contacté sur ce point). L'information concernant le sondage a été envoyée via les listes de diffusion des programmes nationaux concernés (PNP, PNST, PCMI, PNST), de l'ASHRA, et via la SF2A. En outre, l'information a été diffusée dans la plupart des laboratoires par les membres du CET pour effectuer des relances.

Le sondage a été préparé par un petit groupe au sein du CET, puis a été implémenté sur limesurvey (via renater) et diffusé après itération avec l'ensemble des membres du CET et les directeurs de PNs concernés et ASHRA.

Le sondage était anonyme, le nom ayant été demandé de manière facultative. Le sondage comportait 5 pages. 135 réponses au sondage ont été exploitables, c'est-à-dire complètes (132) ou presque complètes (3). 38 personnes n'ont rempli que la 1ère page, et 22 les pages 1 et 2 : nous avons considéré ces éléments de réponses comme non exploitables du fait de la possibilité de doublon. Une réponse en double a été éliminée (la 2ème réponse a été considérée uniquement). Ce nombre de réponses est très satisfaisant : même s'il ne représente pas la totalité des personnes travaillant sur cette thématique de recherche, il est suffisant pour en effectuer une analyse statistique représentative.

Lors de l'analyse, quelques éléments de réponses ont été corrigés ou complétés, par exemple une personne ayant rempli le mauvais laboratoire, des noms de laboratoires en "autres" qui figuraient déjà dans la liste proposée, des dates. Par ailleurs, plusieurs questions proposaient une liste de réponses possibles, ainsi que la case "autres" : dans un certain nombre de cas, les réponses en "autres" ont été reportées dans la liste (soit par ajout de catégorie, soit remise dans une catégorie, éventuellement renommée), d'autres ont été laissées en "autres". Les choix faits sont explicités dans les sections suivantes afin de permettre une traçabilité et une discussion des biais éventuels. Les détails sont en général indiqués en Annexe A.

3. Section "Qui êtes-vous"

Laboratoires

Une liste de laboratoires était proposée, sur la base des laboratoires indiqués dans un précédent rapport de prospective du PNP et pour lesquels nous avons identifié des activités concernant la thématique exoplanètes. Plusieurs réponses en "autres" ont été ajoutées à la liste initiale de laboratoires. Nous avons choisi de laisser en "autres" tous les laboratoires à l'étranger. La répartition géographique des 24 laboratoires est illustrée en Figures 1 et 2.

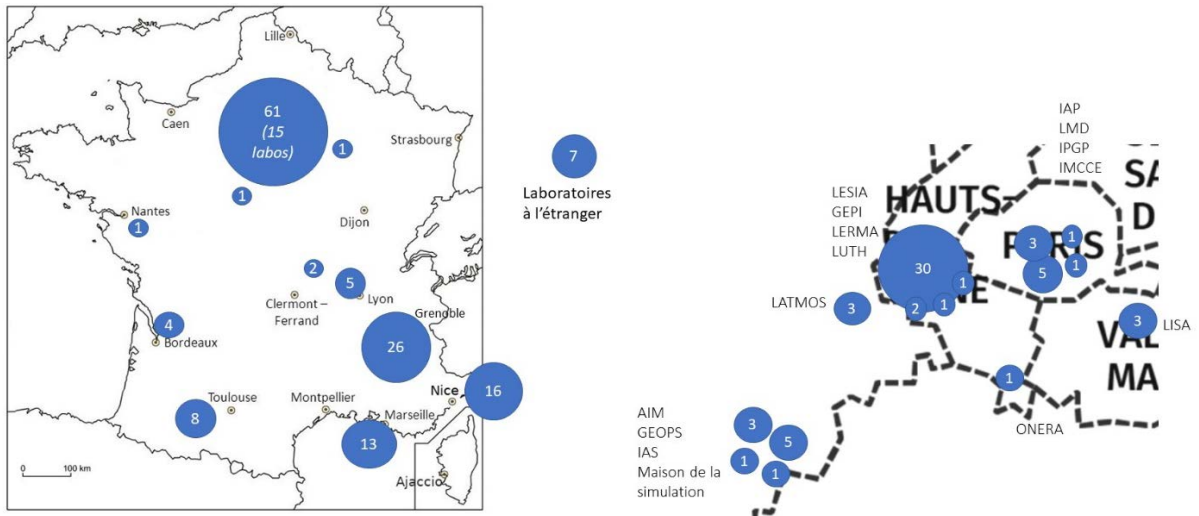


Figure 1 : Nombre de personnes dans les différents laboratoires (à gauche) et en Ile de France (à droite).

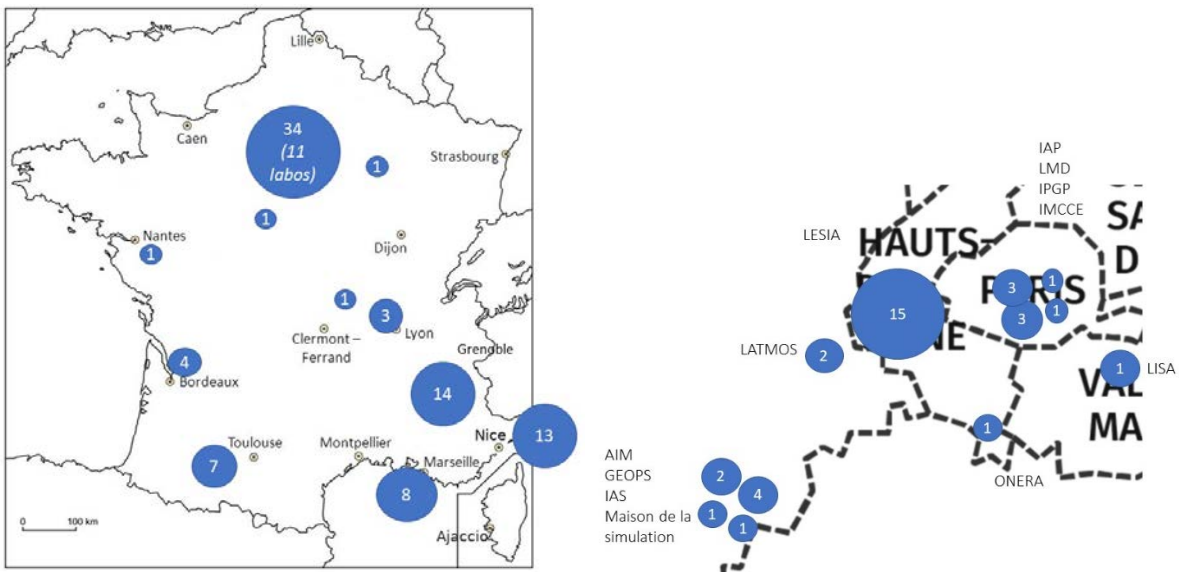


Figure 2 : Nombre de personnels permanents dans les différents laboratoires et en Ile de France.

Genre

Sur l'ensemble des 135 réponses, 27% sont des femmes et 72% des hommes. Le pourcentage de femmes est nettement plus faible parmi les permanents (18% de femmes, 82% d'hommes), alors que parmi les doctorants et post-doctorants il est plus élevé (36% de femmes, 64% d'hommes). Pour comparaison, l'ensemble de la communauté astrophysique permanente en France comprend 23% de femmes et 77% d'hommes (document de Caroline Bot et Véronique Buat, 2020, basé sur les 707 personnes dans les corps du CNRS, CNU et CNAP de la discipline).

Statut

La Figure 3 indique la répartition par statut pour les 135 réponses, après correction de quelques erreurs (exemple : réponses CNAP pour lesquelles “chercheur” avait été coché en plus de la case « CNAP ») afin d’obtenir une liste entièrement cohérente. Le nombre de doctorants (20 réponses) ne reflète pas la réalité, car le nombre de thèses déclarées sur la thématique exoplanètes sur 2018-2021 est de 94. Ce nombre inclut bien sûr des étudiants à l’étranger ainsi que des étudiants ayant terminé leur thèse à la date du sondage, mais il suggère davantage d’étudiants présents à l’automne-hiver 2021, de l’ordre de la moitié des 94 listés, desquels il faudrait déduire les quelques étudiants entièrement à l’étranger. Le nombre de post-doctorants (18) nous paraît faible et ne reflète probablement pas la réalité non plus. L’une des raisons est probablement l’enquête en français. Certains chercheurs faisant actuellement un postdoc à l’étranger mais ayant été dans un laboratoire français en 2018-2021 ont peut-être hésité à répondre également. Enfin, le très faible nombre d’ingénieurs ayant répondu (6), peut-être dû au mode de diffusion de l’enquête (listes PNs et SF2A notamment) ou au fait de ne pas être directement impliqué dans ces activités de recherche, montre que l’enquête ne permet pas d’analyser de manière spécifique les activités des ingénieurs sur cette thématique. Le nombre de chercheurs permanents ayant répondu est de 88, soit 65% du nombre total de réponses. En ne comptant que les chercheurs CNRS, MdC/Professeurs et CNAP (les autres ayant des contrats CEA et ONERA), cela correspond à 83 personnes sur les 707 dans ces corps pour notre discipline (voir section Genre), soit 12 % de la communauté astronomie-astrophysique de l’INSU.

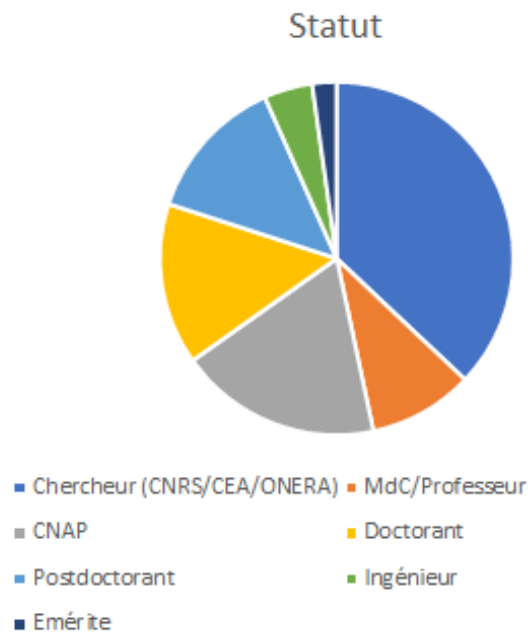


Figure 3 : Répartition des 135 réponses par statut.

Âge

L’enquête demandait uniquement la date de la thèse, afin d’avoir une idée de la pyramide des âges sous cet angle. La distribution est montrée en Figure 4, séparément pour les chercheurs et ingénieurs permanents d’une part, et les postdoctorants d’autre part. Nous observons un pic de la distribution sur la période 2006-2008, puis une décroissance. Nous notons également 4 postdoctorants ayant soutenu leur thèse entre 2007 et 2012, ce qui représentent une fraction importante des postdoctorants (les 13 autres ont soutenu entre 2017 et 2021), tandis que les

recrutements récents indiquent des thèses soutenues beaucoup plus récemment aussi (3 personnes ayant soutenu en 2018 ont depuis été recrutées).

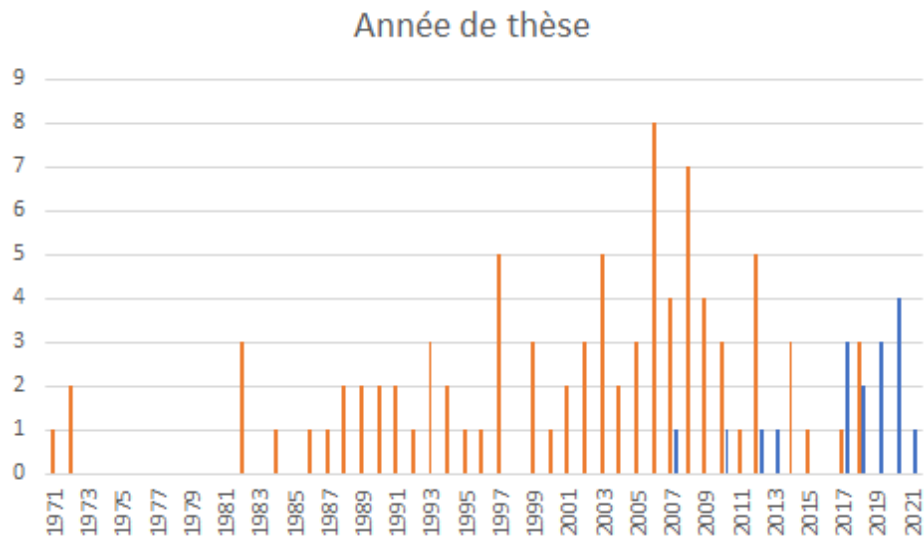


Figure 4 : Date de la thèse pour les 89 chercheurs et ingénieurs permanents (orange) et les 17 postdoctorants (bleu) ayant répondu ont répondu à cette question (9 n'ont pas répondu).

4. Section “Thématique de recherche sur la période 2018-2021”

Approches

Les catégories proposées étaient : Observation, Modélisation/Théorie, Instrumentation, Expérimentation en laboratoire, Autres. Après analyse des réponses dans la catégorie “autres”, nous avons reporté certaines réponses dans les catégories existantes et renommé la catégorie Observation en Observation/Analyse de données, comme expliqué en Annexe A.

Approches : nombre de oui

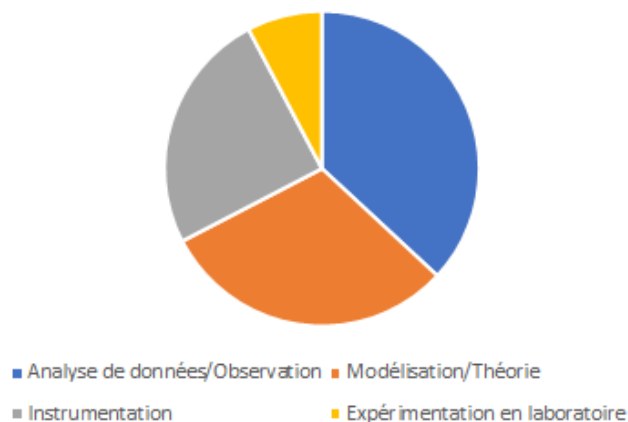


Figure 5 : Nombre de personnes ayant répondu oui aux différentes approches, après la correction indiquée en annexe.

Celle-ci indique de manière détaillée la gestion des réponses dans la catégorie “autres”. La répartition finale est présentée en Figure 5.

Chaque répondant pouvait cocher plusieurs catégories. Associé à ces catégories, était demandé un pourcentage de temps passé sur chacune, le total devant faire 100%. 104 réponses étaient exploitables (les autres réponses n’indiquaient pour la plupart pas de pourcentage, ou bien du texte). Les reports décrits ci-dessus ont été également effectués sur ces pourcentages. La répartition, qui correspond donc à une pondération en fonction du temps qui est consacré, est très similaire à la répartition en nombre de réponses montrée en Figure 5.

Méthodes

La question sur les méthodes proposait également une liste de réponses possibles. La gestion des réponses “autres” est indiquée en Annexe A, ainsi que les corrections apportées. La Figure 6 indique le nombre de personnes ayant répondu oui sur les différentes méthodes. Certaines personnes ont répondu oui à plusieurs méthodes, par conséquent le total est supérieur à 135.

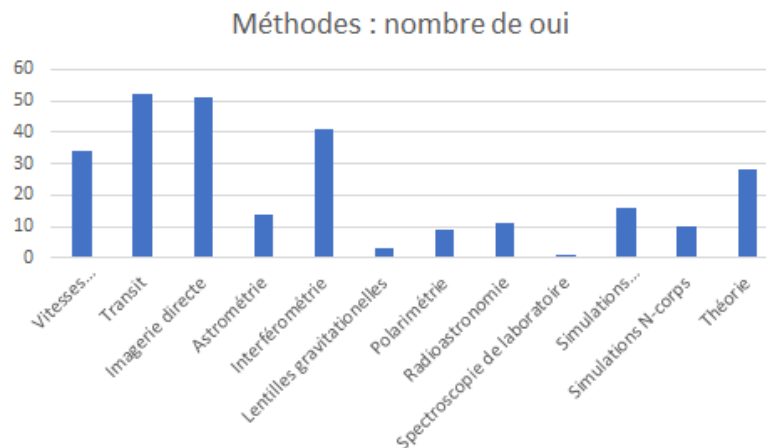


Figure 6 : Nombre de personnes ayant répondu oui aux différentes méthodes, après la correction décrite en annexe.

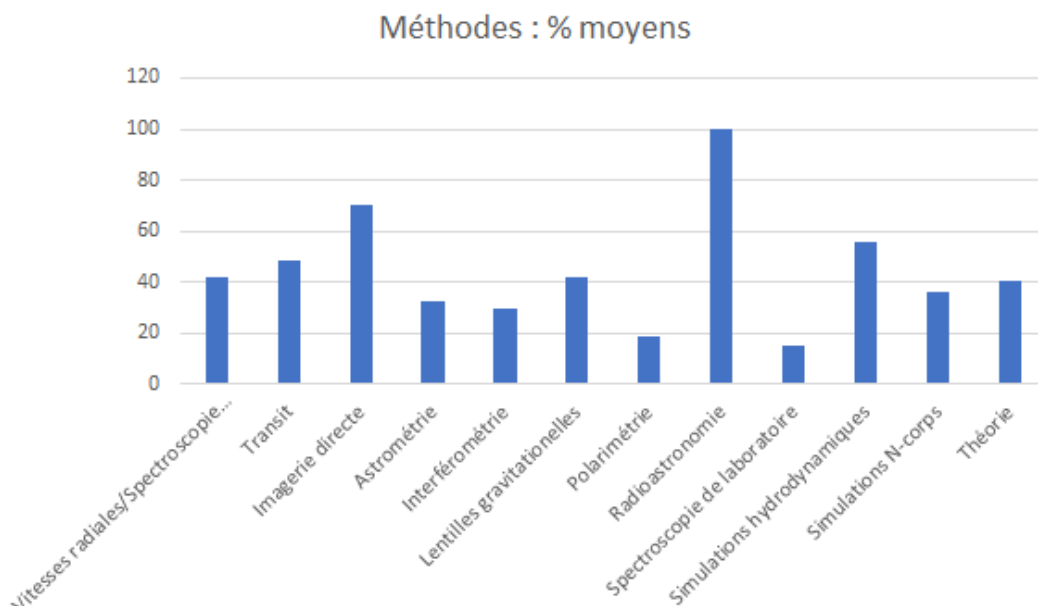


Figure 7 : Pourcentages moyens indiquant la répartition entre les différentes méthodes utilisées.

Associé à chaque méthode était demandé un %, la somme des pourcentages devant faire 100%. 103 réponses étaient exploitables. A noter que nous n'avons pas reporté tous les % suite aux corrections indiquées ci-dessus car il était difficile d'extrapoler les % indiqués. Ces % sont bien sûr plus significatifs pour les catégories avec beaucoup de réponses oui. La Figure 7 indique les pourcentages moyens par méthode et montre une variabilité importante selon les méthodes. Il y a par exemple moins de mixité en imagerie directe (plusieurs personnes ont répondu 100%, et le pourcentage moyen est assez élevé) par rapport à des méthodes comme les vitesses radiales ou les transits.

Thématiques

Cette question portait sur les thématiques de recherche. Outre les réponses proposées cochées, 6 personnes ont sélectionné "autres", que nous avons géré comme indiqué en annexe A. Une réponse reste en "autres" (base de données, correspondant à l'Encyclopédie des Exoplanètes). La répartition finale est présentée en Figure 8.

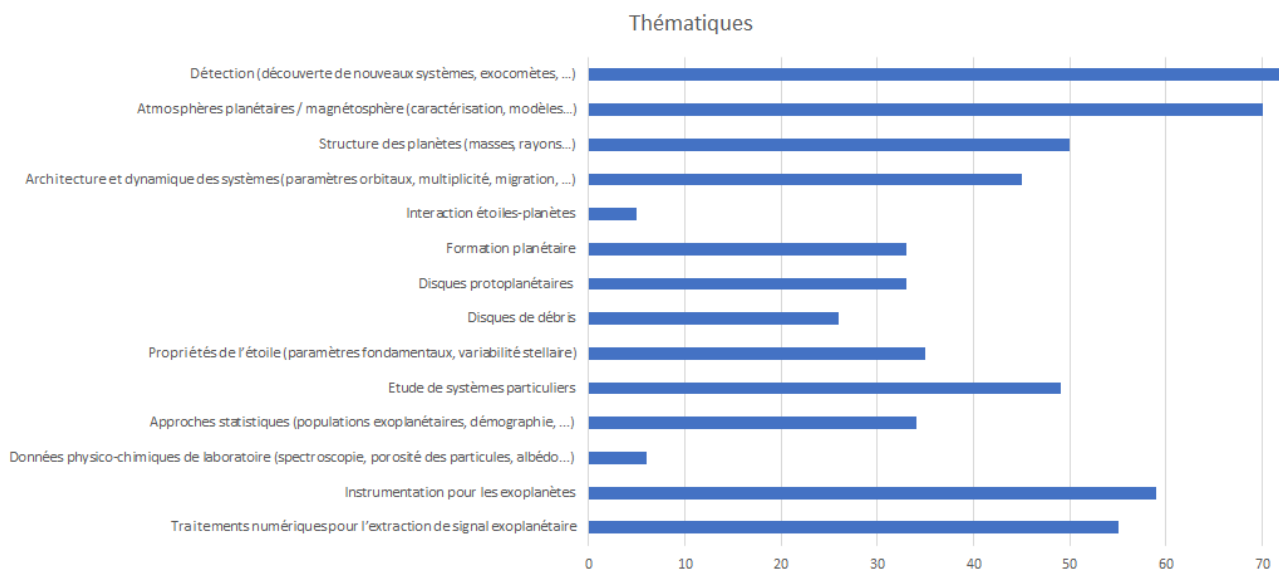


Figure 8 : Nombre de personnes ayant répondu oui aux différentes thématiques.

La Figure 9 représente les cas dans lesquels une réponse indiquait au moins 2 thématiques, en comptant le nombre de paires pour toutes les paires présentes. Ce nombre de paires varie entre 1 et 40. Un point important est donc que toutes les paires possibles sont présentes au moins une fois et qu'il n'y a aucune thématique isolée.

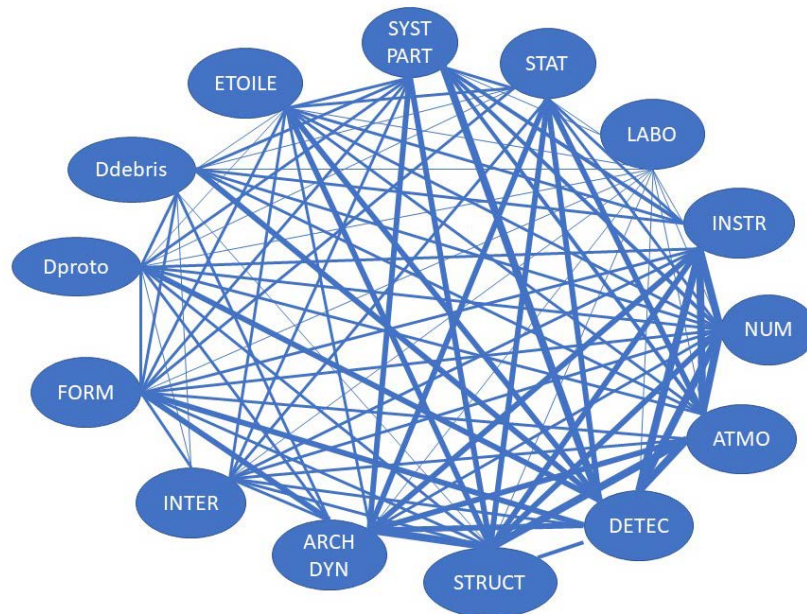


Figure 9 : Les liens correspondent à des réponses indiquant les 2 thèmes concernés, avec une épaisseur représentant le nombre de réponses (catégories <10, 11-20, 21-30 et 31-40).

Il était également demandé de noter ces thématiques de 1 à 5 pour indiquer si ce thème était mineur (1) ou majeur (5) pour le répondant. Pour 8 thèmes, plus d'un tiers des personnes le considère comme majeur pour leurs activités de recherche (niveau 5) :

- Détection (découverte de nouveaux systèmes, exocomètes, ...)
- Atmosphères planétaires / magnétosphère (caractérisation, modèles...)
- Architecture et dynamique des systèmes (paramètres orbitaux, multiplicité, migration, ...)
- Interaction étoiles-planètes
- Disques de débris
- Données physico-chimiques de laboratoire (spectroscopie, porosité des particules, albédo...)
- Instrumentation pour les exoplanètes
- Traitements numériques pour l'extraction de signal exoplanétaire

4 autres thèmes sont considérés comme majeurs par un pourcentage plus faible des répondants (entre 20 et 33%). On note également que pour un thème donné, il y a des réponses à tous les niveaux entre 1 et 5 (2 thèmes seulement font exception avec 1 ou 2 niveaux sans réponse). En dehors des % élevés au niveau 5, la plupart des autres pourcentages sont modérés (10-20%), indiquant une bonne répartition.

Interfaces

Les interfaces avec les programmes nationaux, les autres thèmes du PNP et hors section Astronomie-Astrophysique étaient demandées. La Figure 10 récapitule les réponses (après correction, voir ci-dessous). Les 3 principales interfaces concernent les autres thèmes du PNP, le PNPS et l'ASHRA. Elles sont détaillées plus bas. Sur les 9 personnes ayant renseigné une interface avec les autres disciplines de l'INSU, 2 ont précisé Terre Solide et 1 a précisé Océan/Atmosphère. La réponse hors INSU concerne l'INS2I. Enfin, les 2 réponses "autres" concernent l'exobiologie et le traitement du signal.

Les Figures 11 et 12 montrent plus en détail le nombre de personnes aux diverses interfaces, tout d'abord avec les PNs (autres thèmes PNP, PNPS, PCMI et PNST, après correction, voir ci-dessous), puis les interfaces avec les PNs pour les personnes ayant indiqué une interface avec l'ASHRA. 65 personnes ont donc initialement indiqué une interface avec les autres thèmes du PNP (48%), 51 une interface avec le PNPS (38%) et 47 une interface avec l'ASHRA (35%). Les autres interfaces existent mais ne représentent qu'un petit nombre de personnes (entre 1 et 10 personnes selon l'interface). L'interface avec l'ASHRA, détaillée en Figure 12, montre quelques interfaces multiples, notamment avec le PNPS et les autres thèmes PNP, mais aussi de nombreuses personnes avec l'interface ASHRA seule. Cette forte interface est liée à l'implication importante dans les R&D et développements instrumentaux (voir section suivante).

L'interface avec les autres thèmes du PNP (il était sous-entendu que toutes les personnes ayant répondu au sondage étaient dans le thème 1 "Systèmes exoplanétaires", la question sur ce thème n'était donc pas posée) a été précisée par seulement 15 personnes (sur 65, soit 23%). Ce nombre de réponses étant faible, alors que cette interface est très forte, nous avons décidé de l'approfondir en interrogeant les 34 personnes ayant laissé leur nom et répondu oui à cette question, l'objectif étant de mieux comprendre la nature de cette interface.

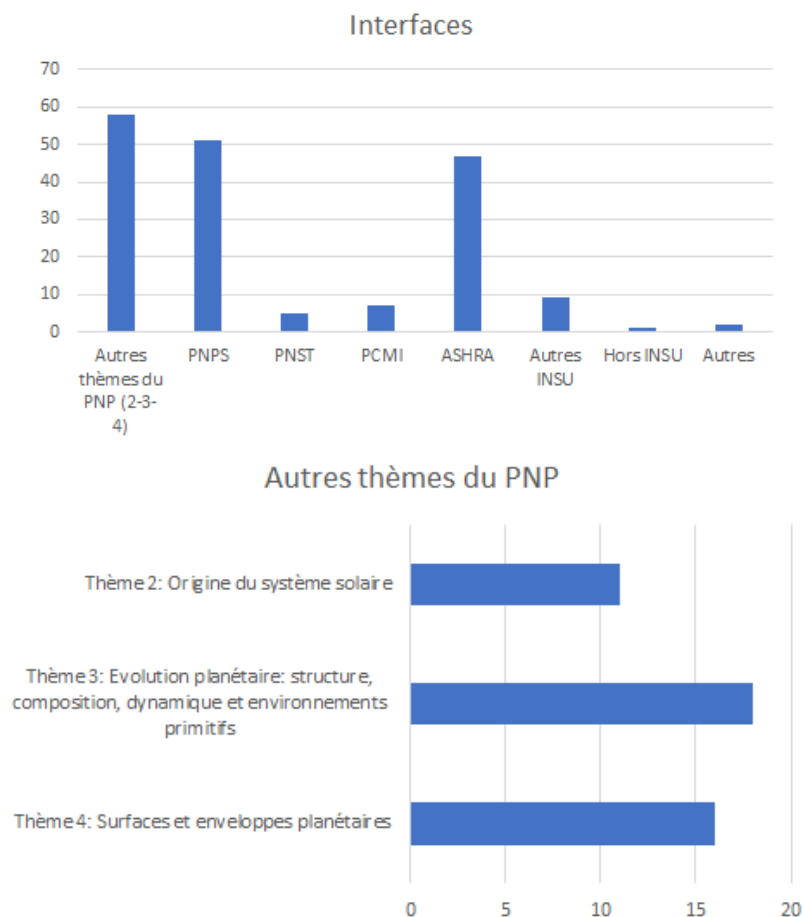


Figure 10 : Nombre de personnes ayant indiqué une interface avec d'autres thématiques, PN et hors INSU (en haut). Répartition en autres thèmes PNP (en bas), pour les 31 personnes pour lesquelles nous avons l'information (réponses multiples possibles).

29 personnes ont ainsi répondu à cette sollicitation ciblée, auxquelles on peut ajouter 3 personnes pour lesquelles cette interface avec l'un des thèmes était claire, compte-tenu des informations données dans le sondage. Sur ces 32 personnes, il s'avère que pour 7 d'entre elles (22%), il n'y avait en fait pas lieu de cocher cette interface : le nombre de personnes avec

une interface avec un autre thème du PNP passe donc de 65 à 58 (ce nombre de 58 est donc peut-être légèrement sous-estimé étant donné que la vérification a été faite sur environ la moitié des répondants sur cette interface). Pour les 25 personnes restantes (sur les 34), l'interface avec les autres thèmes regroupent principalement deux cas de figure :

- Une interface forte, avec une activité de recherche personnelle sur un ou plusieurs de ces autres thèmes PNP, et dans certains cas l'activité est majoritairement sur ces thèmes autres que exoplanètes. Cette interface forte concerne 20 personnes soit 80% des 25 personnes.
- Pour les autres, cette interface est faible, et plutôt au niveau de l'intérêt, en particulier pour comparer leurs travaux sur les exoplanètes avec les travaux d'autres groupes sur le système solaire, et un intérêt à considérer des résultats sur le système solaire dans le cadre de recherches sur les exoplanètes. Ceci concerne 5 personnes soit 20% des 25 personnes.

L'interface est donc forte pour une majorité des cas, même si l'on peut supposer que le nombre de 58 personnes à cette interface est probablement légèrement surestimé. Ceci permet également d'obtenir des résultats plus statistiquement significatifs sur la répartition en sous thèmes, montrée en Figure 10 (graphe du bas) pour les 31 personnes pour lesquelles nous avons cette information (sous-échantillon avec question ciblée ou personnes ayant indiqué des précisions dans l'enquête). Ceci montre que les 3 thèmes sont très présents, avec une interface un peu plus présente pour les thèmes 3 et 4.

Enfin, concernant l'interface avec le PNPS, 17 personnes (sur les 51, soit un tiers des réponses) ont précisé en quoi consistait cette interface. Après analyse, cette interface concerne l'ensemble des thèmes prioritaires du PNPS, soit les thèmes "Origine" (3 réponses), "Evolution/Intérieurs/Atmosphères" (5 réponses), "Champs magnétiques" (5 réponses), et "Interactions" (5 réponses), et donc correspond à des activités extrêmement diverses.

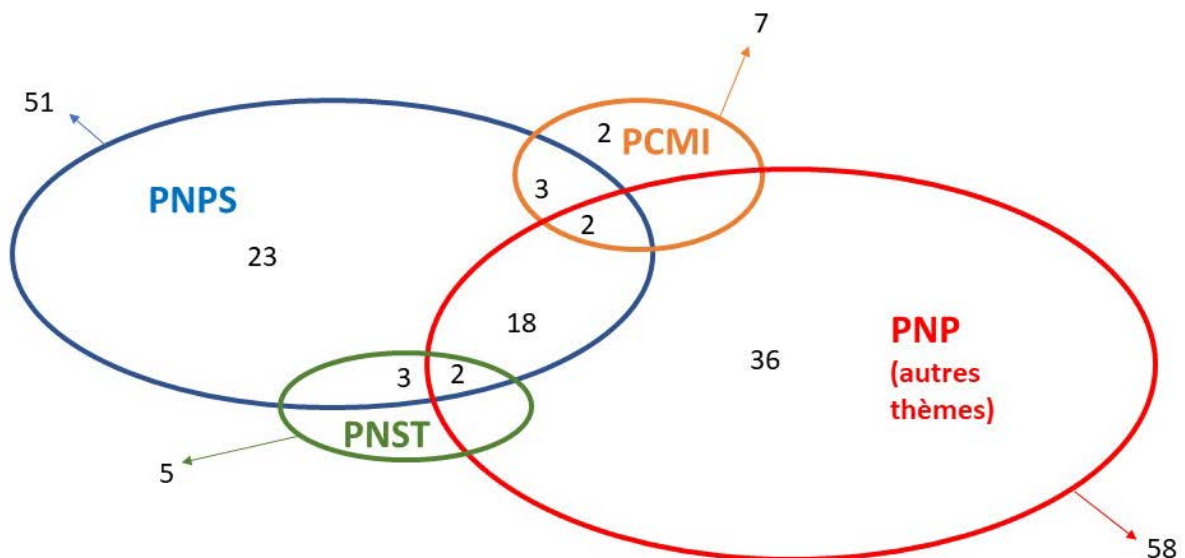


Figure 11 : Interface avec les autres thèmes du PNP, le PNPS, le PCMI et le PNST. Les nombres indiqués par une flèche en dehors des zones indiquent le nombre de oui à l'interface avec chaque PN.

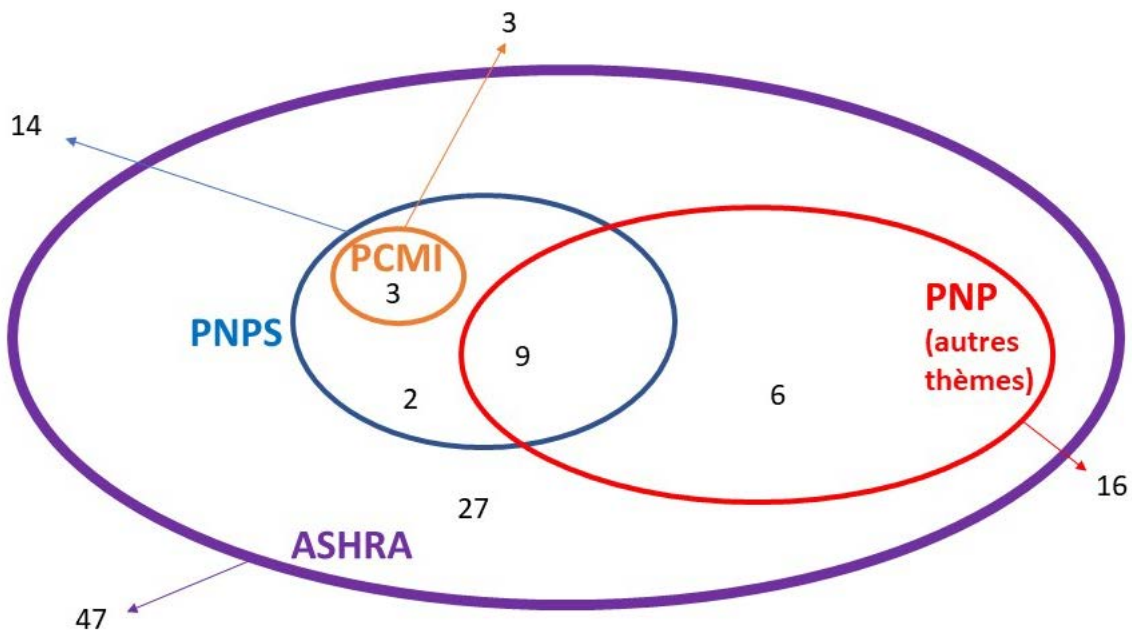


Figure 12 : Interface avec le PNPS, PCMI et autres thèmes du PNP pour ceux ayant indiqué interface avec l'ASHRA (aucune interface PNST-ASHRA).

Collaborations internationales

La moitié des personnes ont indiqué que leur travail sur cette thématique se faisait dans le cadre d'une forte collaboration internationale, et un quart indique des collaborations internationales moyennes. Le dernier quart se répartit entre faible collaboration (très peu de réponses), aucune collaboration internationale, et ne se prononce pas.

Collaborations internationales

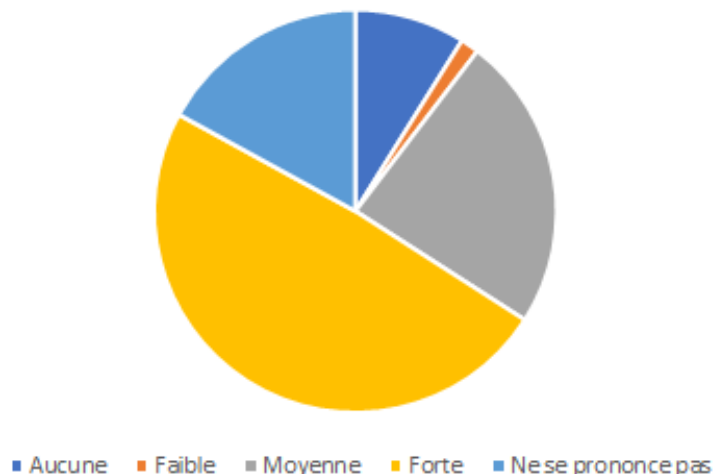


Figure 13 : Répartition entre les différents niveaux de collaborations internationales.

Infrastructures utilisées sur la période 2018-2021

Les infrastructures utilisées sur la période 2018-2021 étaient demandées, sur la base d'une liste. Certains instruments avaient été oubliés dans la liste, et les réponses "autres"

correspondantes ont donc servi à mettre à jour cette liste. Par ailleurs, quelques réponses “autres” correspondaient à des instruments pas encore en service et n’ont donc pas été ajoutées. Enfin, les instruments du JWST étaient dans la liste, avec de nombreuses réponses correspondant en particulier aux personnes ayant demandé et/ou obtenu du temps, mais l’instrument n’entre en service qu’en 2022. Par conséquent nous indiquons ces réponses à part, par instrument : MIRI (18), NIRC*am* (9), NIRC*ISS* (2) et NIRC*Spec* (9). Dans cette présentation, nous avons séparé les réponses en 3 catégories correspondant respectivement aux Figures 14, 15, et 16 ci-dessous : instruments spatiaux (8 missions), instruments et infrastructures sol (38 instruments), et moyens de calcul intensif et base de données. Cette dernière catégorie inclut l’Encyclopédie des exoplanètes, ainsi que du calcul intensif à tous les niveaux, jusqu’au tiers 3.

Le nombre d’heures obtenues sur la période sur ces instruments et infrastructures était demandé. Un graphe avec la distribution des heures est cependant difficile à faire car il y a probablement des doublons dans les réponses (mais toutes pas forcément identifiables), et certaines réponses étaient vagues (“quelques” nuits, “plus de” tant d’heures). Nous listons ici les instruments sur lesquels des heures ont été obtenues et indiquées, en indiquant en gras ceux pour lesquels le nombre d’heures/nuits est important (recouvrant différentes configurations: présence forte dans le consortium, Large Program, instrument d’équipe, données publiques, par exemple) : **ALMA**, CRIRES, ESPADON, ESPRESSO, ESRF, **EXTRA**, GEMINI, GRAVITY, **HARPS**, **HARPS-N**, **HPC1**, **HPC2**, HST, JWST, **KEPLER**, **LOFAR**, MUSE, NACO, NARVAL, **nenuFAR**, PIONIER, SOLEIL, **SOPHIE**, **SPHERE**, **SPIRou**, VEGA, X-SHOOTER.

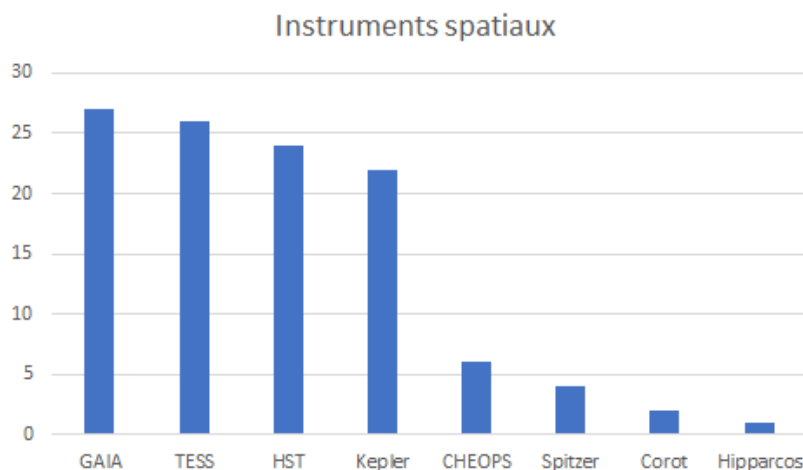


Figure 14 : Instruments et infrastructures spatiaux utilisés sur la période 2018-2021 (le JWST, qui était dans la liste, est compté à part, voir texte).

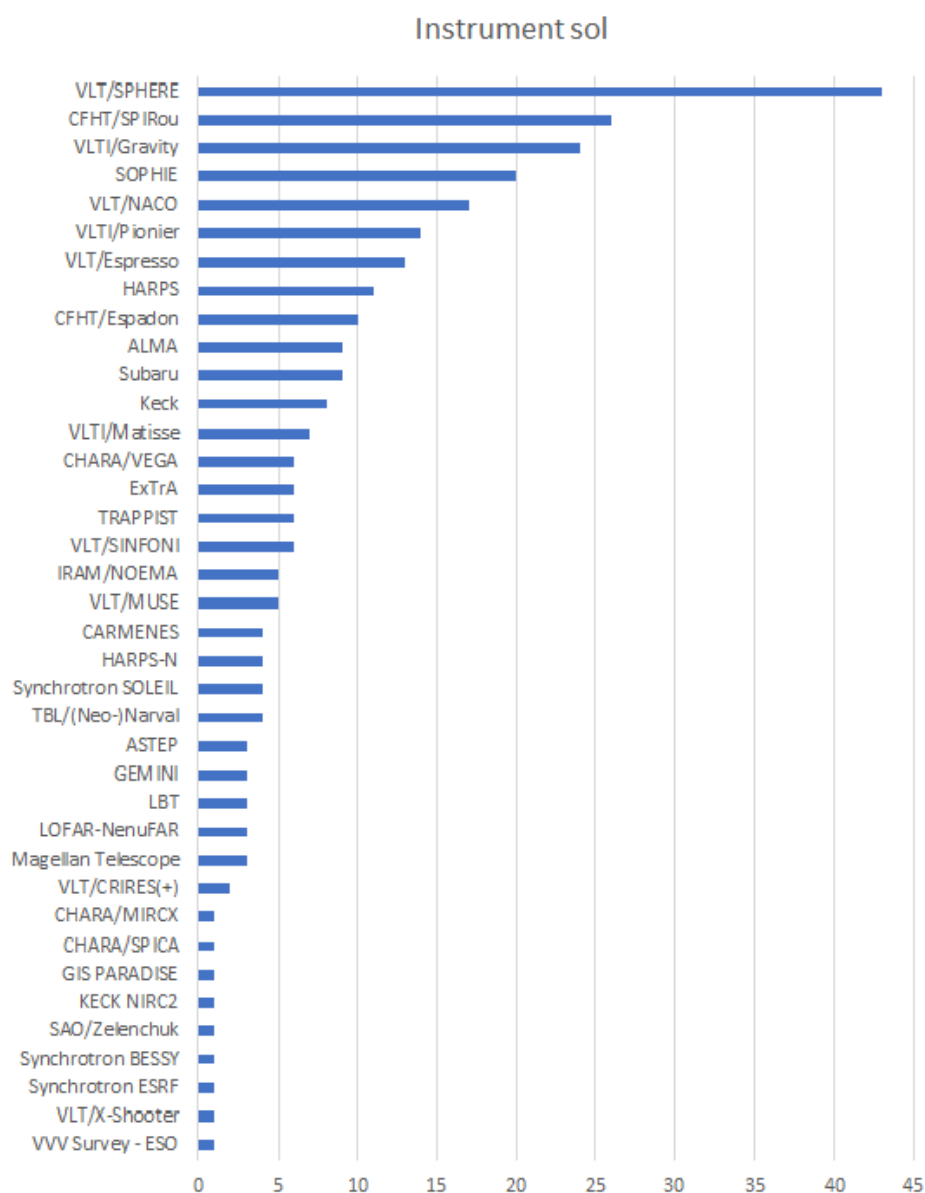


Figure 15 : Instruments et infrastructures sol utilisés sur la période 2018-2021 (nombre de oui par instrument, il peut y avoir plusieurs réponses par personne).

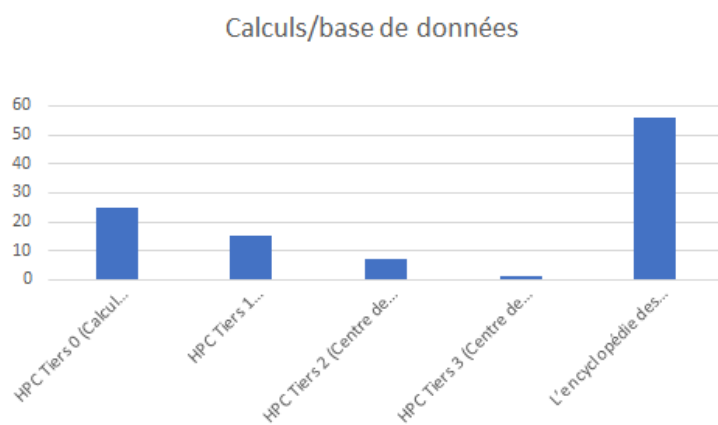


Figure 16 : Infrastructures de calcul et base de données (Encyclopédie des exoplanètes) utilisées sur la période 2018-2021.

Implication dans le développement instrumental

L'implication dans les développements instrumentaux était demandée, sur la base d'une liste similaire aux questions précédentes. Les instruments qui avaient été oubliés et remplis en "autres" ont été réintégrés dans les listes. Les Figures 17 et 18 présentent le nombre de réponses indiquant une implication dans ces développements instrumentaux, respectivement pour les instruments sol et spatiaux. Elles montrent un investissement dans un très grand nombre d'instruments, dont certains avec une implication majeure de la communauté française. Pour les instruments sol, on peut noter que, d'après notre sondage, l'instrument SPHERE/SPHERE+ est celui rassemblant le plus la communauté française, avec 23 personnes impliquées. Les instruments suivants étant HARMONI (12 personnes) et Spirou (9 personnes). Concernant les instruments spatiaux, les trois missions principales sont ARIEL, impliquant 11 personnes, PLATO (10 personnes) et JWST (6 personnes). Nous notons que le nombre de personnes indiquées correspond aux personnes concernées par la thématique exoplanètes, et donc ne représentent pas nécessairement l'ensemble des personnes impliquées sur ces instruments.

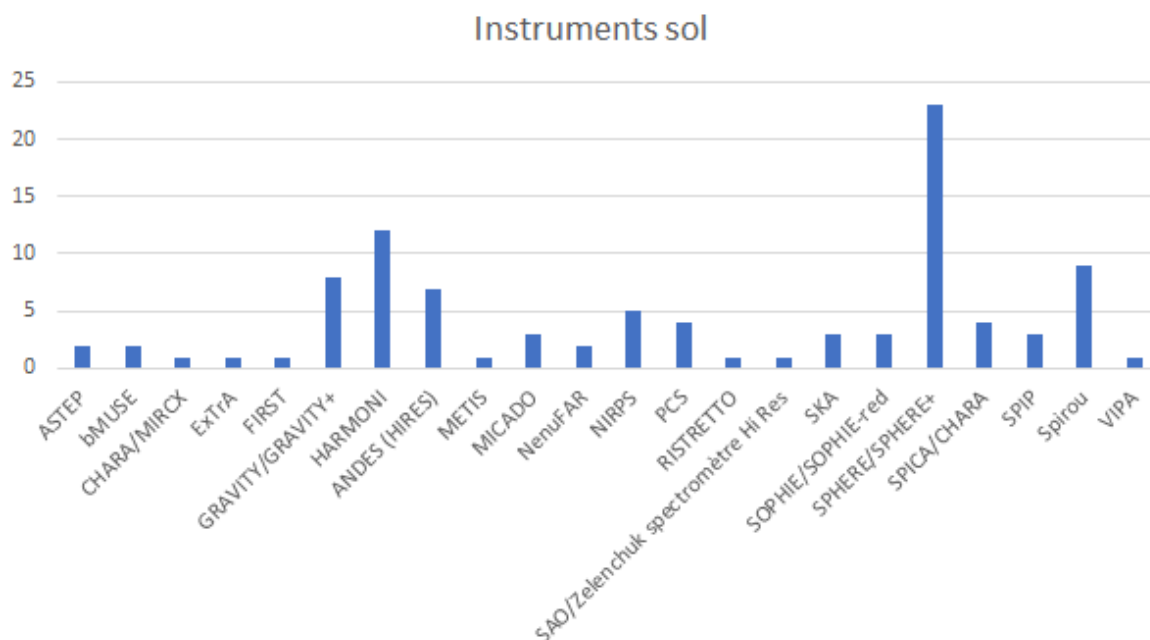


Figure 17 : Implication dans le développement des instruments sol.

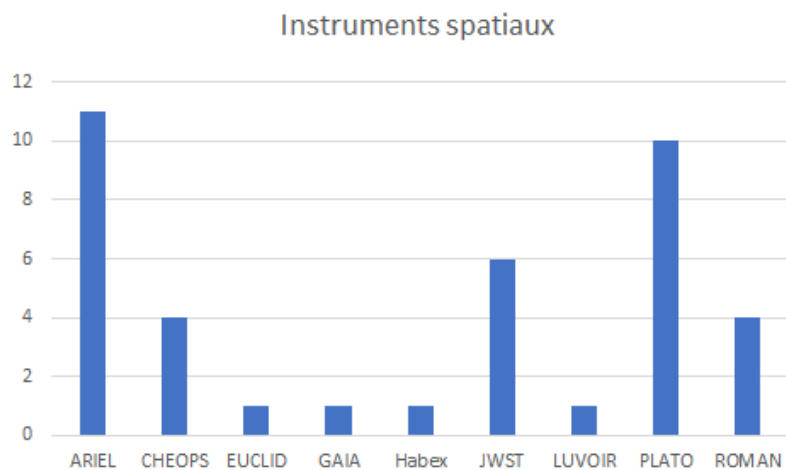


Figure 18 : Implication dans le développement des instruments spatiaux.

Responsabilités instrumentales

Cette implication forte dans le développement de nombreux instruments est en général assortie de responsabilités importantes également, en tant que PI (Principal Investigator) ou co-PI, PS (Project Scientist), IS (Instrument Scientist) ou PM (Project Manager). La question sur ces responsabilités était posée dans la rubrique moyens et l'implication dans les gros projets, et les réponses sont présentées ici. Nous avons reçu 20 réponses, correspondant à 29 responsabilités en tant que PI, co-I ou co-PI, PS, IS, ou PM sur des instruments à différentes échelles, instruments sol ESO (VLT/VLT/VLTI: SPHERE/SPHERE+, GRAVITY et E-ELT: ANDES - précédemment HIRES), CFHT (SPIRou), télescopes nationaux (SPIP au TBL, Sophie-red au T193, Nenufar à la Station Radioastronomie de Nançay), américains (CHARA/MICX et CHARA), ou d'équipe (Chili avec ExTrA, Antarctique avec ASTEP), et sur des missions spatiales ESA de classe S (CHEOPS), M (PLATO, ARIEL) et similaire à L (GAIA), instrument sur mission NASA/ESA (JWST/Miri, EnVision) et cubesat (MARSU). La communauté exoplanète française est donc fortement impliquée dans le développement des instruments majeurs de notre discipline.

Implications dans les services nationaux d'observation

30 personnes ont indiqué une implication dans un ou plusieurs services nationaux d'observation sur la période 2018-2021. Cette implication dans les développements est naturellement associée à des tâches de service sur des SNO dans différentes ANO (Actions Nationales d'Observations) : en ANO2 (Instruments des grands observatoires au sol et spatiaux), mais également en ANO3 (Stations d'observation) et ANO 4 (Grands relevés, sondages profonds et suivi à long terme). Plusieurs SNO en ANO5 (Centres de traitement, d'archivage et de diffusion de données) concernent également la thématique des exoplanètes. Après quelques corrections (certains SNO n'avaient pas été indiqués dans la bonne ANO, ou avec un nom différent), la Figure 19 montre la répartition en nombre de réponses sur les 4 ANO concernés (aucun en ANO1 ni ANO6) : Les implications sont majeures en ANO2 et ANO5. La Table 1 liste les SNO concernés.

Implication dans les SNO



Figure 19 : Répartition des réponses sur les 4 ANO incluant des SNO concernés par la thématique exoplanètes.

Les pourcentages de temps sur ces tâches de services étaient demandés. Ils n'ont pas toujours été renseignés, mais sur la catégorie pour laquelle ils sont assez complets on note

une moyenne de 33%. Certaines personnes pouvant avoir d'autres tâches de service ne concernant pas les exoplanètes, il ne s'agit pas ici de faire une évaluation complète. Par contre on peut noter quelques pourcentages très élevés (jusqu'à 80%) indiquant des implications extrêmement fortes sur certaines tâches de service en ANO2.

Table 1 : Tableau récapitulatif des SNO concernant la communauté exoplanètes ; () SNO ajouté par le CET car non remonté dans le sondage*

ANO2
ARIEL
CHARA
ELT/MICADO
ELT/HARMONI
JWST/MIRI
PLATO
SPIROU
ANO3
T193/SOPHIE
SKATE
ANO4
CHEOPS
GAIA
SPIROU Legacy Survey
ANO5
Encyclopédie des exoplanètes
SPHERE Data Center
Planetary Climates Database (*)

Faits marquants

Le questionnaire demandait aux sondés de donner les 3 faits marquants auxquels ils avaient été associés pendant la période 2018 - 2021. 85 personnes ont répondu dont 46 personnes avec 3 faits marquants, 21, 2 faits marquants, et 18 un seul fait marquant, soit un total de 198 faits marquants. A noter deux points importants. Il s'agissait de faits auxquels le sondé avait participé, ce qui a généré des réponses autocentrées par construction. De plus, nous notons que sur les 135 réponses à l'enquête, 50 personnes (soit plus d'un tiers) n'ont pas indiqué de faits marquants, ce qui amène à s'interroger sur ces absences. L'analyse de ces faits marquants sera plus complète lors de l'exercice de prospective de 2024, qui également complété avec les retours sur la période 2022-2023. Nous en présentons ici quelques éléments.

Les répondants ont eu plusieurs types de réponses en terme de forme et en terme de faits : références à une publication, communiqué de presse, nom d'un objet particulier, parfois des descriptions scientifiques sans indiquer les références, des références d'accomplissements techniques (e.g. mesure de phase avec des senseurs de front d'onde, mise en service ou

sélection d'un instrument/mission, algorithmes novateurs pour l'analyse des données,...) ou organisationnels (e.g. responsabilité d'instruments et/ou de Labex,...).

Toutes les méthodes et techniques discutées dans les sections précédentes sont représentées avec la même proportionnalité entre elles : analyse de systèmes particuliers, théorie, simulation, différentes méthodes d'observation, etc.... Des résultats sont notables dans toutes les thématiques.

On peut noter les faits qui reviennent plusieurs fois, en gardant en tête que c'est un regard biaisé par le nombre de personnes impliquées par thématique :

- Nombreuses mentions de SPHERE ou SPHERE+, exoGRAVITY, CHEOPS, SPIRou, JWST, ARIEL, PLATO, SOPHIE, TESS, CHARA/SPICA. Les instruments existants étant mentionnés pour leurs résultats scientifiques et le fruit de l'aboutissement d'un investissement de longue haleine par la communauté française, tandis que les instruments en cours de développement le sont au titre du travail accompli pour leur avancement, par exemple l'acceptation d'une mission telle qu'ARIEL. De nombreux résultats de R&D sont également mentionnés (haut contraste, spectroscopie, détecteurs...) ainsi que le développement d'algorithmes novateurs au plus près de la connaissance des instruments.
- Des systèmes extrêmement étudiés par la communauté française : PDS 70 (découverte du compagnon planétaire, détection du disque, contrainte avec GRAVITY), AU Mic (déplacement des poussières et caractérisation des planètes), β Pic (découverte de la planète c en vitesse radiale, détection des planètes b et c avec GRAVITY). Ces trois systèmes concernent différentes communautés qui travaillent sur un même système, i.e. analyse imagerie/astrométrie et analyse transit et/ou vitesse radiale, avec des collaborations et utilisations conjointes de plusieurs techniques dans certains cas (voir section "Approches"). Néanmoins, il n'y a pas toujours réellement synergie et collaboration des différentes communautés. C'est sûrement un axe à mieux sonder et à développer dans les années futures.

On peut repérer les résultats novateurs bénéficiant de méthodes qui sont nouvelles dans le domaine des exoplanètes :

- Les résultats exoGravity.
- Détection d'un disque circumplanétaire avec ALMA.
- La possible détection d'une exoplanète dans le domaine radio.

On peut aussi remarquer :

- Les nombreux efforts et avancées de modélisation d'atmosphère planétaire de la part de notre communauté, notamment via le développement de codes communautaires lourds, associés à de nombreux résultats observationnels.
- Les nombreux efforts de modélisation du gaz et des poussières des disques circumstellaires.
- Le productivisme des méthodes historiques (RV, Transits, Imagerie) qui continuent à détecter/caractériser de nombreuses planètes et disques protoplanétaires.

5. Section "Moyens, ressources et formation sur la période 2018-2021"

L'objectif ici est de lister les ANR et ERC couvrant en partie la période 2018-2021 et concernant la thématique des exoplanètes. Sur la base des réponses, nous avons constitué les deux tableaux présentés en Annexe B (Tables 2 et 3), en indiquant à chaque fois le positionnement de cette thématique, qui est dans certains cas centrale, et dans d'autres cas constitue une partie de la thématique (exemple : recherche instrumentale, avec application

exoplanètes, ou projet centré sur le système solaire). Nous avons donc listé 14 ANR, dont 12 avec les exoplanètes en thématique centrale, et 15 ERC dont 8 avec les exoplanètes en thématique centrale. Par ailleurs, nous avons demandé sur quels autres gros projets la communauté était impliquée : en dehors de projets instrumentaux non listé ici (voir plus haut), ont été indiqués : une action incitative de l'Observatoire de Paris, le Labex FOCUS, la chaire d'excellence Poincaré Université Côte d'Azur, un projet Européen Exoplanets-A, un projet interdisciplinaire Idex UGA et une infrastructure de test pour l'optique adaptative extrême. Cette liste n'est pas exhaustive car nous avons connaissance d'autres projets qui ne sont pas remontés lors de l'enquête (par exemple l'Institut Origines à Marseille). L'ensemble des réponses sur les sources de financement est présenté en Figure 20. Chaque section du graphe n'est bien sûr pas représentative des montants étant donné la très grande différence de budget entre des financements des programmes nationaux ou ERC par exemple.

Répartition des financements (nombre de réponses)

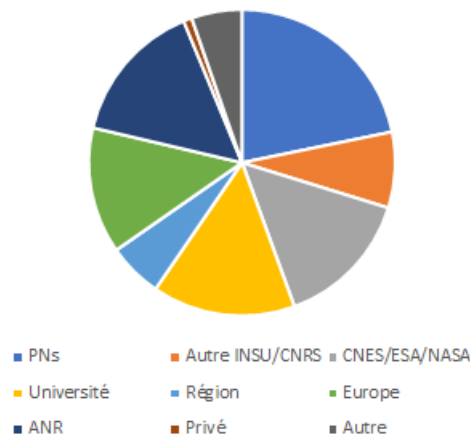


Figure 20 : Répartition des réponses sur le type de budget reçu.

Implication en temps de travail

Les ETP par an consacrés à l'activité de recherche en lien avec la thématique exoplanètes sont présentés en haut de la Figure 21 pour les 127 réponses exploitables (les réponses non exploitables incluent des nombres de mois supérieurs à 12 ou des -1). On observe une très large répartition, ce qui est cohérent avec la grande part donnée aux interfaces. Les 2 pics à 6 et 12 mois correspondent typiquement aux chercheurs CNAP/MdC/Prof d'une part et aux chercheurs CNRS d'autre part, comme indiqué en bas de la Figure 21, qui ne montre que les personnels permanents et est donc biaisé en ce sens. La question ne portait que sur le pourcentage par rapport à l'activité complète (et donc incluant des activités autres, telles que l'enseignement, les tâches de service, etc.), elle ne permet donc pas d'estimer le pourcentage de l'activité de recherche en tant que telle sur la thématique exoplanète.

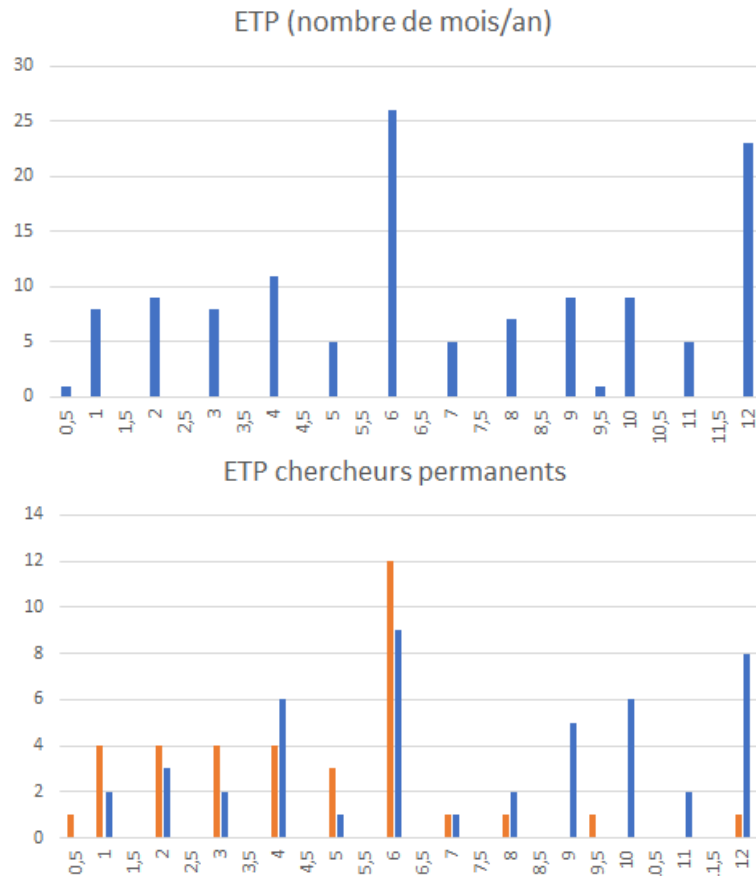


Figure 21 : ETP pour toutes les réponses (en haut), et pour chercheurs CNRS/CEA en bleu et CNAP/MdC/Professeurs en orange (en bas).

Encadrement de thèses

Les informations (nom/titre/financement) sur les encadrements (en direction principale) et co-encadrements de thèse étaient demandés. Les réponses étaient souvent incomplètes et par ailleurs il était nécessaire de pouvoir croiser ces deux listes pour identifier les doublons. Des vérifications ont donc été effectuées sur certaines réponses afin d'obtenir une liste complète et fiable des thèses ayant eu lieu en partie ou totalement sur la période 2018-2021 (certains ont donc fini leur thèse en 2018, d'autres la démarrent en 2021). Le bilan final est de 74 thèses en direction principale. Nous avons noté 41 co-directions de thèse, dont 20 s'ajoutent aux 74 thèses en direction principale (et correspondant à des thèses dont le principal encadrant n'a pas rempli le sondage pour diverses raisons : oubli de remplir le sondage, direction principale sur thématique non exoplanète, direction principale à l'étranger). Les autres sont déjà compté dans la liste principale. Le nombre d'encadrants et de co-encadrants est de 60, à comparer avec un total de 88 permanents, correspondant à un nombre d'encadrement ou de co-encadrement entre 1 et 7 par personne. A noter que certains de ces étudiants sont dans un laboratoire à l'étranger. Ceci donne un total de 94 thèses sur la thématique exoplanètes, encadrées ou co-encadrées en France et couvrant une partie au moins de la période 2018-2021.

Nous avons également listé les financements sur ces 94 thèses. Certaines bénéficient d'un double financement, compté dans la suite pour moitié. Comme pour les autres informations, un contact avec certains co-encadrants ou via les membres du CET ont permis de vérifier certains financements qui n'étaient pas indiqués. Nous les avons classés en différentes catégories, indiquées sur la Figure 22. Environ $\frac{1}{3}$ des financements de thèse sont fournis par

les Écoles Doctorales, suivi par les ERC, et ensuite les financements locaux type Labex ou Idex et les financements étrangers. On note très peu de financement ANR dans la liste (alors que le nombre d'ANR est conséquent, voir ci-dessus).

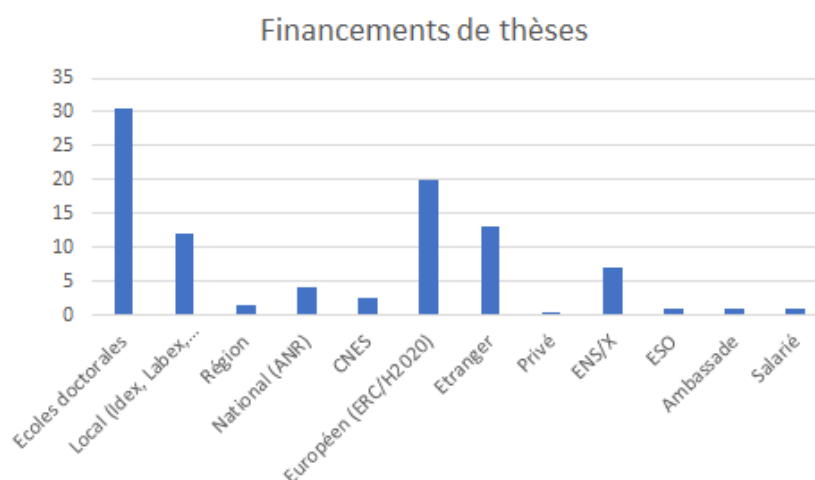


Figure 22 : Répartitions des financements de thèses

Encadrement de post-doctorants

Enfin, concernant les post-doctorants, la question portait uniquement sur le nombre total de mois encadrés sur la période 2018-2021 par le répondant, afin d'avoir une idée du volume total. 37 encadrants ont répondu (27% des 135 personnes ayant répondu au sondage encadrent des postdoctorants), pour un total de 99 ans. 36 de ces 37 encadrants sont des permanents, la réponse restante étant un postdoctorant ayant soutenu en 2021, ce qui est peut-être une erreur dans la réponse. Ces 36 encadrants représentent ainsi 41% des permanents. Le minimum est de 6 mois, et le maximum de 11 ans (cette valeur supérieure à 4 ans devant correspondre à plusieurs post-doctorants, seule la durée cumulée était demandée), avec une moyenne de 2.7 ans et une médiane de 2 ans.

6. Section “Prospective”

Evolution des thématiques

La première partie de la question sur la prospective concernait l'évolution prévue en termes de thématique dans les années à venir, en deux questions. La première demandait si était prévue une évolution significative, la deuxième reprenait les thématiques de la partie bilan. 35 personnes ont répondu “oui” à la première question. Il y a cependant davantage de personnes (75 en tout) qui ont coché une évolution sur au moins une thématique, nous avons donc considéré que ceux qui avait répondu cela sans cocher “oui” à la première question prévoyait une évolution mais peu importante. La Figure 23 résume les réponses : sont reportés les nombres de oui sur les thématiques actuelles, pour comparer avec celles correspondant à une évolution significative uniquement et celles correspondant à une évolution quelle que soit son importance. On peut identifier en particulier des évolutions importantes vers les atmosphères, les approches statistiques, l'architecture des systèmes, le traitement numérique pour l'extraction du signal planétaire, mais aussi les interactions, l'étude de systèmes particuliers, et la formation planétaire.

Evolution des thématiques

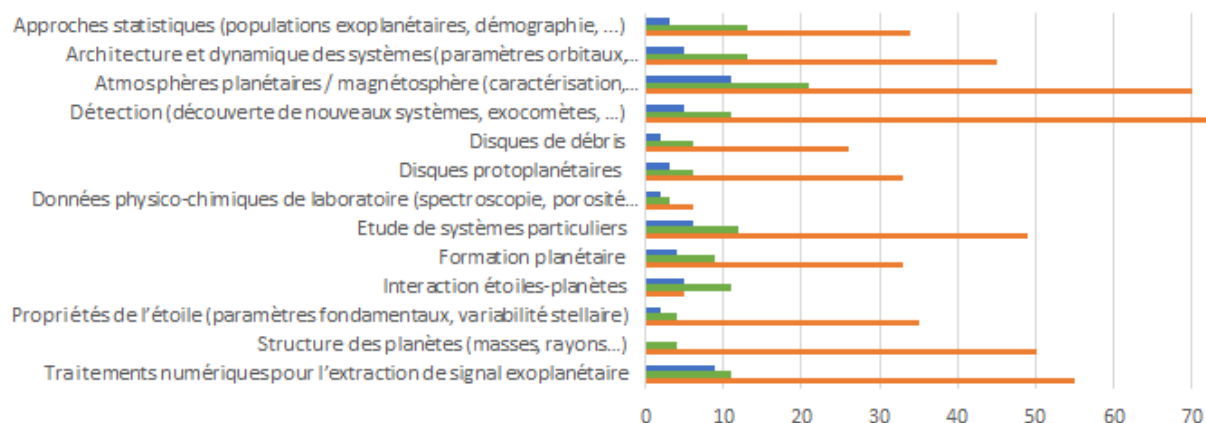


Figure 23 : Répartition des thématiques actuelles (orange), les évolutions significatives prévues (bleu) et de toutes les évolutions prévues, c'est-à-dire à la fois les significatives et les plus modestes (vert).

Instruments utilisés dans les 5 ans à venir

La question portait sur les instruments qui seraient utilisés dans les 5 ans à venir (soit 2022-2026), avec un maximum de 3 réponses pour lister les plus utilisés. 91 personnes ont répondu. Nous avons exclu de la Figure 24 les instruments qui ne seront pas en service d'ici 2026, car le nombre de réponses est nécessairement sous-estimé ici étant donné l'intitulé de la question, soit : ARIEL (1 réponse), HARMONI (2 réponses), PLATO (4 réponses), MICADO (1 réponse), qui auront bien entendu beaucoup plus d'utilisateurs. Les instruments qui ressortent le plus sont SPHERE, JWST, SPIROU, GRAVITY, GAIA, ESPRESSO, SOPHIE et ALMA.

7. Attentes vis-à-vis du CET

Outre les questions factuelles permettant de présenter un panorama des activités de la communauté et présenté ci-dessus, nous souhaitons également récolter des attentes vis-à-vis du CET. Nous ne reportons ici que les éléments concernant directement les missions et le fonctionnement du CET, et non les avis concernant le sondage lui-même.

Rôle sur la création d'un PN

Le rôle que doit jouer le CET sur la structuration et l'animation de la communauté exoplanètes en France et à terme sur la possible mise en place d'un programme national dédié est remonté à plusieurs reprises, sous diverses formes. Certaines réponses ont proposé des pistes de réflexion / enjeux à traiter, et d'autres ont listé des arguments pour aller vers la création d'un PN. Nous listons les différents éléments obtenus dans les réponses à l'enquête ci-dessous :

- *Animation de la communauté*, avec des actions concrètes par exemple : Mise en place de séminaires communs en ligne, d'une école thématique exoplanètes, mise en place d'un espace slack (voir détail ci-dessous sur ce point)
- *Enjeux* : renforcer les liens entre les activités sol/espace pour valoriser la complémentarité ; rapprocher les approches "physique stellaire" (observations à travers diverses méthodes, photométrie, spectroscopie, et modélisations par exemple interaction étoile-planète-disque) et planétologie ; renforcement des liens entre exoplanètes et étude des disques protoplanétaires dans le contexte de la caractérisation des populations d'exoplanètes (JWST, PLATO, ARIEL, ...)

- *Formation d'un PN* : des projets majeurs pour les années à venir (PLATO, ARIEL, JWST, ANDES/ELT - ex-HIRES- ...) ; dont 2 missions M ESA, 1 mission L ESA pour l'horizon 2050 ; JWST, RomanST, et LUVEX (LUVOIR) coté NASA, de nombreux instruments sol ; l'actualité du sujet ; le nombre important de chercheurs s'impliquant dans cette thématique (135 réponses à ce sondage, sachant qu'il manque des chercheurs permanents et de nombreux étudiants en thèse et post-doctorants).

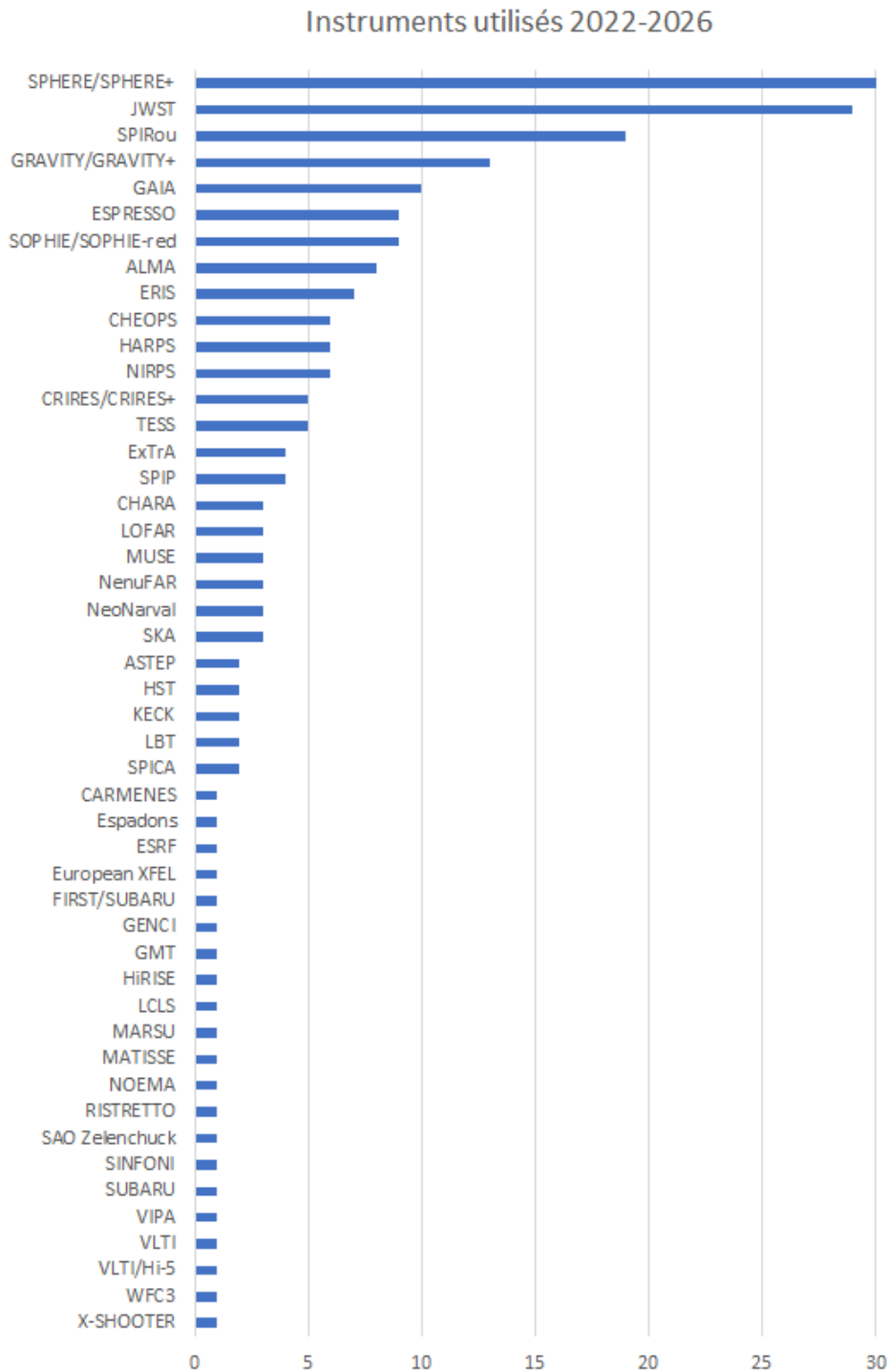


Figure 24 : Liste des instruments indiqués utilisés dans les 5 ans à venir.

Site web et visibilité

Il a été suggéré que le CET ait un site web en propre (sa composition et ses missions apparaissent actuellement sur les sites des PNs concernés). L'objectif serait de donner plus de visibilité au CET d'une part, et d'autre part de fournir également une plus grande visibilité des activités de recherche sur les exoplanètes. La synergie avec les PNs doit cependant rester forte. Le CET a discuté de cette proposition et souhaiterait mettre en place un site web, si possible sous couvert INSU comme les sites des PNs. Figureraient sur ce site dans un premier temps : la composition et le rôle du CET, les documents concernant le retour sur le sondage (ce document, diapositives de présentation), l'articulation avec les PNs et l'ASHRA, des éléments de calendrier sur le fonctionnement du CET. Il pourrait en particulier permettre d'identifier la communauté concernée (laboratoires par exemple). Il pourrait évoluer avec davantage d'informations dynamiques à moyen terme.

Liste de diffusion

Il a été suggéré de mettre en place une liste de diffusion. La liste suggérée dans les retours (exoplanets@univ-grenoble-alpes.fr) n'est pas utilisable pour cette action car elle correspond à une liste internationale, mais il existait une liste exoplanète-France, inutilisée depuis plusieurs années. Cette liste a été désactivée récemment et n'est plus accessible, mais il est possible d'en recréer une similaire (par exemple "exoplanetes-france", avec inscription par tous ceux qui le souhaitent, possibilité pour tous d'écrire sur la liste). De nombreuses informations diffusent déjà via des listes auxquelles les membres de la communauté exoplanètes sont abonnés (PNP, et les autres PN quand leurs travaux sont à l'interface). Le CET est plutôt d'avis de mettre en place ce type de liste avec une fréquence moins importante (typiquement mensuelle) pour la diffusion du même type d'informations (conférences/ateliers/école, appels d'offres typiquement, ou information sur sollicitation des membres de la liste), et d'envoyer des mails spécifiques plus rapprochés si les échéances sont proches. Elle pourrait également être utilisée par les membres de la liste pour des appels à la communautés divers (par exemple manifestation d'intérêt sur un instrument, ...).

Espace de discussion commun type slack

Une troisième suggestion en termes de mise en place d'un outil concret est de former un espace de discussion commun de type slack. L'objectif serait de mieux se connaître, ainsi que les compétences des uns et des autres. La discussion en CET sur cette proposition a montré qu'il n'était pas évident de faire fonctionner ce type d'outil sur un périmètre aussi large (même si cela est possible, exemple slack à l'échelle de l'IPSL), cela fonctionne bien au niveau d'une petite équipe ou ponctuellement pour les questions lors des conférences en ligne. De plus, de nombreuses personnes n'utilisent pas slack, et ceux qui l'utilisent sont souvent déjà sur plusieurs espaces. Il y a donc un risque de saturation. Nous ne prévoyons donc pas pour l'instant de mettre ce type d'espace en place, mais en fonction d'autres retours et s'il y a des volontaires pour animer cet espace, cette suggestion sera discutée à nouveau.

8. Conclusion

Cette enquête nous a tout d'abord permis d'établir un panorama factuel de la communauté exoplanètes en France en 2022 et de ses activités sur la période 2018-2021, montrant une communauté nombreuse et travaillant sur l'ensemble des approches, méthodes et thématiques de la discipline. Il montre également une très forte implication dans les développements instrumentaux et les services d'observations. Nous avons également pu recevoir des retours sur le fonctionnement du CET et ses missions, ce qui doit se traduire dans la suite par :

- Des actions concrètes à court terme, telles que la mise en place d'une liste de diffusion et d'un site web dédié.

- L'organisation de la prospective 2024 sur la thématique exoplanètes.
- Une réflexion sur l'évolution du CET vers un PN. Cette réflexion a démarré au sein du CET, sur la base des arguments reçus (voir ci-dessus), d'éléments provenant du panorama établi suite à cette enquête (en particulier sur la taille de la communauté et son implication dans les gros projets de la discipline et la stratégie long-terme, la visibilité de la thématique, et les interfaces) et d'un bilan de notre fonctionnement. Elle devra se poursuivre avec la communauté, en particulier au moment des colloques de prospective des PNs concernés.

Cette enquête sera à répéter lors de l'exercice de prospective 2024, pour la période 2022-2023. Il permettra de compléter le panorama afin de couvrir l'ensemble de la période 2018-2023. Nous avons noté quelques améliorations à y apporter :

- Sondage nominatif : cela serait préférable car permettrait de plus facilement consolider certaines informations, et cela peut également permettre d'exploiter les réponses incomplètes. Le sondage effectué par le PNPS a par exemple reçu 158 réponses exploitables en étant nominatif.
- Diffusion du sondage : nous avons noté un nombre inférieur à la réalité concernant les étudiants en thèse et les post-doctorants. De même, le nombre d'ingénieurs ayant répondu est très faible. L'information et le message devraient être adaptés pour améliorer le retour
- Le contenu de certaines questions, en particulier quantitatif, a été parfois difficile à exploiter. Leur formulation pourra être améliorée afin de permettre une meilleure exploitation, de même que les listes des réponses.

Annexes

Annexe A. Détails des reports des réponses “autres”

Gestion des réponses “autres” pour la question Approches

- 1/ La catégorie “Observation” incluait de manière sous-entendue l’analyse de données. Nous avons donc reporté dans cette catégorie les 5 réponses qui indiquaient analyse de données ou traitement du signal (3 reports effectifs, les 2 autres ayant déjà coché cette case).
- 2/ Nous avons éliminé 3 réponses “autres” qui correspondaient à une question mal comprise (indication d’activité hors thématique exoplanètes).
- 3/ Une réponse indiquait “préparation mission spatiale”, nous l’avons reportée en “Instrumentation”.
- 4/ 2 réponses indiquaient calcul et code, nous avons considéré que les autres catégories cochées correspondaient à ces questions.
- 5/ *Subsiste en “autres” la réponse base de données.*

Gestion des réponses “autres” pour la question Méthodes

- 1/ Une réponse “spectroscopie à haute résolution” a été reportée dans la catégorie “Vitesses radiales”, dont l’intitulé a été complété en conséquence.
- 2/ La réponse “approche inverse, optimisation convexe” a été reportée dans la catégorie “Imagerie directe”.
- 3/ 2 réponses “autres” ont été reportées dans la catégorie “Transits”.
- 4/ 2 réponses “autres” ont été reportées dans les catégories “Vitesses radiales” et “Transits”.
- 5/ Les catégories “Spectroscopie de laboratoire” et “Radioastronomie” n’étaient pas dans la liste proposée et ont été rajoutées. Pour cette dernière, nous avons également compté une autre réponse concernant l’utilisation de LOFAR, ainsi que les réponses concernant l’utilisation d’ALMA et NOEMA (voir section Infrastructures utilisées), soit 11 réponses en tout. Par ailleurs, plusieurs réponses utilisant des instruments interférométriques (voir section Infrastructures) n’avaient pas la catégorie “Interférométrie” cochée ici, ce qui a été corrigé (ajout de 10 réponses, correspondant à l’utilisation de ALMA, NOEMA, GRAVITY, MATISSE, VEGA).

Gestion des réponses “autres” pour la question Thématiques

- 1/ “magnétosphère” : ajoutée dans la catégorie “Atmosphère”, dans laquelle nous avons ajouté le terme magnétosphère, qui n’était pas initialement proposé.
- 2/ “exocomètes” : ajoutée dans la catégorie “Détection”, dans laquelle nous avons ajouté le terme exocomètes, qui n’était pas initialement proposé.
- 3/ “couplage intérieur-atmosphère” a été mis en dans la catégorie “Structure”, déjà cochée, et dans la catégorie “Atmosphères”.
- 4/ “simulation de la topographie des exoplanètes” a été compté dans la catégorie “Structure”
- 5/ “traitement numérique pour la reconstruction d’environnement circumstellaires” a été compté dans les catégories “Disques de débris” et “Disques protoplanétaires”, déjà cochées
- 6/ *Comme pour la question sur les approches, la réponse “base de données” reste considérée en “autres”.*

Gestion des réponses “autres” pour la question Financement

- 1/ 4 réponses “autres” concernant l’ESA et la NASA, ont été reportées dans la catégorie CNES/ESA/NASA (initialement nommée CNES)

2/ 2 réponses “autres” concernant d’autres instituts/actions du CNRS (MITI=mission pour les initiatives transverses et interdisciplinaires) et INC (Institut National de Chimie) ont été reportées en “Autres INSU/CNRS” (initialement nommée “Autres INSU”)

3/ 2 réponses “Thalès Alenia Space” ont été mises en “Privé” (catégorie créée)

4/ 1 réponse “IPSL” a été reportée en “Université”

5/ Laissez en “autres” : 2 financements de thèses, 3 Labex, 1 observatoire, 1 CPER, 1 prix, 1 CFHT, 2 bourses de thèse

Annexe B. Récapitulatifs des ANR et ERC couvrant pour tout ou partie la période 2018-2021.

Table 2 : Liste des ANR répertoriées sur la période 2018-2021 (pour tout ou partie)

ANR	Dates	Intitulé	Porteur	Positionnement exoplanètes
RaD3-net	2021-2025	Transfert radiatif 3D dans les atmosphères planétaires nuageuses : application à Titan, Vénus et Mars	Sandrine Vinatier	prioritairement système solaire
Nano-PtoV	2021-2025	Surfaces optiques de qualité extrême	Marc Ferrari	application aux exoplanètes
GIPSE	2014-2018	Giant Planetary Systems Exploration	Anne-Marie Lagrange	thème principal
Diskbuild	2020-	Early planetary formation processes during the assembling of the protoplanetary disk	Alessandro Morbidelli	thème principal
GEPARD	2019-2023	Growth and Evolution of PLANets in protoplanetary Ry Disks	Crida Aurélien	thème principal
REVOLT	2021-2023	Révolte du gaz dans les systèmes planétaires	Quentin Kral	thème principal
SPLasH	2019-2023	Recherche de planètes habitables avec SPIRou	Xavier Delfosse	thème principal
COLD-WORLDS	2018-2022	Statistiques des planètes proches de leur lieu de formation et leur distribution dans le disque et la barre de notre Galaxie	Beaulieu Jean-Philippe	thème principal
FRAME	2021-2025	Finding and Characterizing Forming Planets	Mickaël Bonnefoy	thème principal
DDISK	2021-2025	Disk Discoveries: Investigating morphology and duSt properties with breAKthrough data science	Maud Langlois	thème principal
ExoVLTI	2021-2025	The formation of young giant exoplanets unveiled by optical interferometry	Lacour Sylvestre	thème principal
OpenExoplanets	2020-2023	OpenExoplanets - Sciences Ouvertes sur les Exoplanètes	Françoise Roques	thème principal
MOJO	2014-2018	Modeling Jovian planet growth	Sean Raymond, Alessandro Morbidelli	thème principal
FIRST	2021-2025	Recherche de protoplanètes avec FIRST	Elsa Huby	thème principal

Table 3 : Liste des ERC répertoriées sur la période 2018-2021 (pour tout ou partie)

ERC	Date	Intitulé	Porteur	positionnement exoplanètes
EXACT	2020-2025	EXoplanet Adaptive Characterization with the ELT	Alexis Carlotti	thème principal
Exoradio	2021-2026	Low frequency radio search and study of exoplanet magnetospheres and star-planet plasma interactions	Philippe Zarka	thème principal
PRIMCHEM	2015-2021	primitive chemistry in upper planetary atmospheres	Carrasco Nathalie	prioritairement système solaire
NewWorlds	2017-2023	Magnetic Fields and the Formation of New Worlds	Jean-François Donati	thème principal
HiRISE	2018-2023	High-Resolution Imaging and Spectroscopy of Exoplanets	Vigan Arthur	thème principal
ExTrA	2014-2020	Exoplanets in Transit and their Atmospheres	Bonfils Xavier	thème principal
Atmo	2018-2023	An ERC project to study atmospheres across the Universe	Tremblin Pascal	thème principal
Whiplash	2016-2022	WHat next? an Integrated PLANetary Atmosphere Simulator: from Habitable worlds to Hot jupiters	Jérémy Leconte	thème principal
PlanetDive	2016-2021	Planetary diversity: the experimental terapascal perspective	Guillaume Fiquet, Guillaume Morard, Marion Harmand	application aux exoplanètes
ICARUS	2016-2022	Innovative Compact Architectures for Research and Universe Sensing	Emmanuel Hugot	application aux exoplanètes
CepBin	2016-2020	A sub-percent distance scale from binaries and Cepheids	Kervella Pierre	application aux exoplanètes
UniverScale	2021-2027	Sub-percent calibration of the extragalactic distance scale in the era of big surveys	Pierre Kervella	application aux exoplanètes
ISSP	2021-2026	Interferometric Survey of Stellar Parameters	Denis Mourard	application aux exoplanètes
COBREX	2020-2025	COupling data and techniques for BReakthroughs in EXoplanetary systems exploration	Anne-Marie Lagrange	thème principal
HolyEarth	2022-2026	A holistic approach to understand Earth formation	Alessandro Morbidelli	application aux exoplanètes