## Évaluation du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique du CNRC

Bureau de la vérification et de l'évaluation

29 novembre, 2021

Rapport final



Le présent rapport a été approuvé par le président du CNRC le 29 novembre 2021.

© 2022 Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le Conseil national de recherches Canada

No de cat. NR16-375/2022F-PDF ISBN 978-0-660-41499-7



## Table des matières

<u>05</u>

Introduction

<u>80</u>

Profil

<u>16</u>

Excellence scientifique

<u>20</u>

Pertinence

<u>24</u>

Mobilisation

<u>29</u>

Capacités

<u>35</u>

Sommaire des résultats attendus

42

Recommandations

<u>50</u>

Annexes



### Abréviations et acronymes

- ALMA: Grand réseau d'astronomie millimétrique/submillimétrique d'Atacama
- ACURA : Association canadienne d'universités pour la recherche en astronomie
- **DTA**: Direction des technologies pour l'astronomie
- SGA: Soutien à la gestion des affaires
- CAN : Canadien
- CCDA : Centre canadien de données astronomiques
- CASCA: Canadian Astronomical Society / Société canadienne d'astronomie
- CASTOR: Cosmological Advanced Survey Telescope for Optical and UV Research
- TCFH: Télescope Canada-France-Hawaï
- FCI: Fondation canadienne pour l'innovation
- CHIME : Expérience canadienne de cartographie de l'intensité de l'hydrogène
- CHORD : Observatoire canadien de l'hydrogène et détecteur de signaux radio transitoires
- CNC : Comité national canadien
- ASI : Administrateur de systèmes informatiques
- ASC : Agence spatiale canadienne
- OFA: Observatoire fédéral d'astrophysique
- **OFR** : Observatoire fédéral de radioastrophysique

- EDI : Équité, diversité et inclusion
- EVLA: « VLA » étendu
- EF: Exercice financier
- ETP : Équivalent temps plein
- FRB: Sursaut radio rapide
- ACS+: Analyse comparative entre les sexes plus
- **GIRMOS**: Spectrographe multi-objet à infrarouge Gemini
- **GMOS**: Spectrographe multi-objets Gemini
- GPI: Imageur de planètes Gemini
- Set C: Subventions et contributions
- ESST : Environnement et Santé et sécurité au travail
- PI : Propriété intellectuelle
- JVLA: Très vaste réseau Jansky
- · JWST: Télescope spatial James-Webb
- **SSIT**: Services du savoir, de l'information et des technologies
- LOI: Lettre d'intention
- AFB : Amplificateur à faible bruit
- PLT : Plan à long terme de la Société canadienne d'astronomie
- PE: Protocole d'entente
- NFIRAOS: Système d'optique adaptative infrarouge en champ étroit
- ngVLA: Très grand réseau de la prochaine génération
- NRAO : Observatoire national de radioastronomie

- CNRC : Conseil national de recherches du Canada
- RNCan: Ressources naturelles Canada
- CRSNG: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
- DAO: Direction d'astronomie optique
- **BVE**: Bureau de la vérification et de l'évaluation
- AM : Autres ministères du gouvernement fédéral
- BPD: Boursiers postdoctoraux
- CEP : Comité d'examen par les pairs
- DRA: Direction de radioastronomie
- SRAC : Société royale d'astronomie du Canada
- ACR : Agent du Conseil de recherches
- AR : Agent de recherche
- PGBI: Direction de la planification et de la gestion des biens immobiliers
- SPIRou : Spectropolarimetre Infrarouge
- SKA : Radiotélescope SKA (Square Kilometre Array)
- SPC : Services partagés Canada
- **STIM**: Science, technologie, ingénierie et mathématiques
- AT : Agent technique
- TMT : Télescope de trente mètres
- UVIT : Télescope imageur ultraviolet



# Introduction • Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

Une évaluation du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a été réalisée en 2021. On y évaluait sa pertinence et son rendement. Le présent rapport donne une vue d'ensemble des principales constatations et conclusions de cette évaluation, ainsi que des recommandations.

#### Introduction

La présente évaluation du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) porte sur la période de 2016-2017 à 2020-2021. L'évaluation précédente du Centre de recherche avait été faite en 2015-2016. Elle a été réalisée conformément au plan d'évaluation approuvé par le CNRC, à la Politique sur les résultats de 2016 du Conseil du Trésor (CT) et aux exigences de la *Loi sur la gestion des finances publiques*.

Dans ce rapport, on donne d'abord le profil du Centre de recherche HAA. On présente ensuite les constatations de l'évaluation sur l'excellence scientifique, la pertinence, la mobilisation et les capacités du Centre de recherche, ainsi qu'un résumé des résultats attendus. La conclusion est suivie de cinq recommandations pour des améliorations au sein du Centre de recherche HAA.

#### Tout au long du rapport, vous verrez les symboles suivants :







Ce symbole indique de l'information utile pour comprendre les constatations.

Ce symbole indique une citation qui illustre ou appuie les principales constatations.

Ce symbole indique de l'information à l'appui de l'équité, de la diversité et de l'inclusion (EDI) ainsi qu'à l'analyse comparative entre les sexes+ (ACS+) (c.-à-d., des facteurs qui illustrent ce que peuvent signifier les politiques, les programmes et les initiatives pour les divers groupes).



**Sources**: Elles indiquent les méthodes utilisées pour parvenir aux constatations. Les sources sont données au bas de chaque page.

#### Méthode d'évaluation

#### **Démarche**

On a utilisé une approche qui combine diverses méthodes intégrant à la fois des données qualitatives et quantitatives de sources différentes. Cette approche a permis les recoupements (c.-à-d. la convergence des résultats provenant de différentes sources de donnée) et la complémentarité (c.-à-d., favoriser une meilleure compréhension en étudiant divers éléments d'un enjeu complexe) des constatations de l'évaluation. En outre, une analyse comparative entre les sexes (ACS+) a également été intégrée à l'évaluation.

#### Méthodes

L'évaluation a porté sur ce qui suit :

- un examen de documents;
- une analyse de données (administratives et sur le rendement);
- un sondage auprès d'astronomes et d'astrophysiciens canadiens (n=133, taux de réponse à 17 %);
- des groupes de discussion et des entretiens avec des personnes à l'interne (n=28);
- des entretiens avec des personnes de l'extérieur (n=16);
- un examen par les pairs avec des experts nationaux et internationaux (n=6).

#### Questions de l'évaluation

#### **Excellence scientifique**

1. Dans quelle mesure le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique est-il un chef de file de l'excellence scientifique?

#### **Pertinence**

2. Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique cible-t-il les bons domaines de recherche?

#### **Mobilisation**

3. Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a-t-il utilisé les approches les plus efficaces pour mobiliser les partenaires et les collaborateurs ayant le profil recherché?

#### Capacités

4. Dans quelle mesure le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique possède-t-il les capacités, les compétences et les installations nécessaires à l'atteinte de ses objectifs?

#### Résumé des résultats attendus

5. Dans quelle mesure le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a-t-il contribué à ses résultats attendus?



Pour obtenir de plus amples renseignements sur ces méthodes, notamment en ce qui concerne leurs limites et les défis qu'elles posent, reportez-vous à l'annexe A. Vous trouverez une biographie succincte de chacun des membres du comité d'examen par les pairs à l'annexe B.

# Profil • Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique exploite les observatoires nationaux du Canada, orchestre la participation du Canada à de grands observatoires internationaux au sol et attribue au mérite un accès à ces observatoires à la communauté de recherche en astronomie du Canada. Il cible et étudie les technologies astronomiques de la prochaine génération, et il collabore avec des universités partenaires en sciences de pointe pour servir la communauté astronomique canadienne. Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique met au point et déploie de nouveaux instruments astronomiques, et il fournit des infrastructures informatiques scientifiques de pointe de grande envergure ainsi qu'une expertise spécialisée en gestion et analyse des données astronomiques.

#### Structure du Centre de recherche

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique relève de la Division des technologies émergentes du CNRC. La Commission consultative du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique, qui réunit 10 membres de l'administration publique, des établissements d'études postsecondaires, de la recherche et de l'industrie, lui fournit une orientation et des conseils stratégiques. Les membres de la Commission consultative fournissent des conseils d'experts indépendants et neutres au directeur général du Centre de recherche.

Figure 1. Structure organisationnelle du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

Vice-président Division des technologies émergentes



Directeur général
Centre de recherche Herzberg en astronomie
et en astrophysique

Commission consultative du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

Directeur de la R-D Astronomie optique Directeur de la R-D Radioastronomie Directeur de la R-D Technologies d'astronomie

Directeur des opérations

Sources: Examen de documents

### Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

La **Loi sur le Conseil national de recherches** précise que le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique est tenu d'« assurer le fonctionnement et la gestion des observatoires astronomiques mis sur pied ou exploités par l'État canadien ».

La **vision** du Centre de recherche consiste à se positionner comme un chef de file mondial des programmes nationaux d'astronomie en permettant aux Canadiens de poursuivre des travaux de recherche du plus haut calibre à l'échelle internationale.

Il a pour **mission** de cultiver l'excellence en recherche avec l'aide de partenariats internationaux dans des observatoires de classe mondiale et de collaborer dans l'ensemble du système mondial d'innovation pour fournir des installations et des instruments qui repoussent les frontières de la technologie grâce à des approches scientifiques de pointe et à une ingénierie créative.



#### **Principes directeurs**

#### Démarche

- Loi sur le Conseil national de recherches
- Contributions au Programme des observatoires astronomiques internationaux: Des obligations découlent des accords relatifs aux télescopes internationaux à l'effet de veiller à ce que le temps d'utilisation repose sur le mérite et d'engager les partenaires à entretenir les installations pour les maintenir à un niveau concurrentiel.
- Plan à long terme (PLT): Le plan établit le contexte pour la prise des décisions opérationnelles, la hiérarchisation des projets, le déploiement des ressources, l'acquisition de nouvelles compétences et les investissements en immobilisations.
- Mobilisation des universités: Collaboration avec les divers réseaux universitaires et de recherche, notamment l'Association canadienne d'universités pour la recherche en astronomie (ACURA), aux fins de validation externe des travaux du Centre de recherche afin d'assurer leur pertinence dans le soutien à la communauté astronomique pour qu'elle réalise ses objectifs.

- Soutien aux observatoires: Participe à la gouvernance, orchestre l'accès aux observatoires, fournit l'aide d'experts, exploite le Centre canadien des données astronomiques (CCDA).
- Soutien ciblé à la communauté de recherche: Fournit du personnel pour les observatoires et les activités décentralisées (y compris le maintien d'un site unique pour les radiotélescopes de la communauté).
- Leadership en ingénierie et en science à l'échelle nationale et internationale: Favorise les projets de mise au point de grands instruments scientifiques et d'observation, et charges de professeurs associés au sein du Centre de recherche HAA.
- Commission consultative du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique: Fournit des conseils stratégiques indépendants au Centre de recherche HAA, de divers points de vue qui représentent l'éventail de la communauté astronomique.



Voir le modèle logique du Centre de recherche à l'annexe C.

Sources: Examen de documents

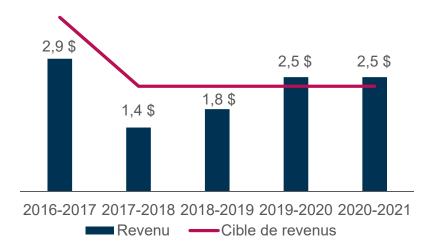
PROFIL •••

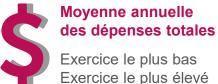
#### Ressources financières

## La plupart des revenus proviennent des projets de recherche stratégique.

- Pendant la période d'évaluation, le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a généré 11,1 M\$ en revenus et a engagé 242 M\$ en dépenses.
- La nature du CNRC consiste à faire des investissements en science. Il n'est pas prévu que les revenus dépassent les dépenses.
- Les revenus de la recherche stratégique ont représenté 86 %
   (9,5 M\$) de la totalité des revenus du Centre de recherche pendant
   la période d'évaluation, alors que les services techniques n'ont
   représenté que 12 % (1,3 M\$) de la totalité des revenus. Les revenus
   tirés d'autres sources (2 % du total pendant la période d'évaluation,
   soit 274 000 \$) ont été attribuables aux redevances et aux licences, à
   la location et à l'utilisation de propriétés, à la vente de biens et de
   produits d'information, et aux subventions et contributions.
- Il convient de noter que les revenus du Centre de recherche ne sont pas linéaires; ils reposent sur quelques projets internationaux d'envergure menés avec des organisations partenaires. Le Centre de recherche n'est pas en mesure d'ajuster annuellement ses cibles de revenus.

Figure 2. Le total des revenus (en millions) se situait sous la cible de revenus de 2016-2019.





48,4 M\$

44,3 M\$ (2017-2018) 52,8 M\$ (2019-2020)



**Différence entre les services techniques et la recherche stratégique?** Les services techniques aident les clients à résoudre des problèmes techniques immédiats en offrant de l'aide spécialisée selon le principe de la rémunération des services, tandis que la recherche stratégique consiste en des projets de recherche menés en collaboration avec des partenaires.



Pour réaffecter les ressources aux biens immobiliers et aux grands projets d'immobilisations, le CNRC a exigé que tous les centres de recherche du CNRC réduisent leurs dépenses et les budgets des directions générales de 10 % au cours des trois prochaines années à compter de 2021-2022. La gestion des coûts en constante augmentation représente un défi pour le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique, comme pour les autres centres de recherche, puisqu'il lui faut réduire ses dépenses à court terme pour répondre à cette exigence.

Sources : Examen de documents et de données, groupes de discussion et entretiens avec des personnes à l'interne

#### Ressources humaines



#### **Effectif**

- Au 31 mars 2021, le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique comptait au total 149 employés, dont 89 étaient des chercheurs scientifiques et techniques, 11 des techniciens, 25 des étudiants (de cycle supérieur et des stagiaires), 21 occupaient des postes administratifs ou de gestion et 5 des postes de direction (dont les directeurs et le directeur général).
- Il comptait également 14 ETP des Services communs qui soutiennent directement le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique (qui relèvent de la direction centrale, mais sont gérés par le directeur des opérations du Centre de recherche HAA).

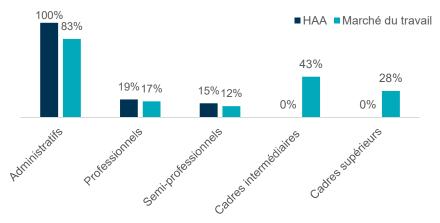


#### Genre, diversité et inclusion

Compte tenu de la disponibilité au sein de la population active, le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a dans l'ensemble une bonne représentation de femmes à des postes administratifs, professionnels ainsi que semi-professionnels et techniques. Cependant, aucune femme n'occupe l'un des cinq postes de cadre intermédiaire (directeurs et gestionnaires), et le poste de haute direction (directeur général) est occupé par un homme.

Comme dans l'ensemble des centres de recherche du CNRC, les minorités visibles, les Autochtones et les personnes handicapées sont sous-représentés dans les groupes professionnels au Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique. Considérant que le nombre d'employés autochtones et de personnes handicapées est de cinq ou moins au Centre de recherche, les données relatives à la disponibilité au sein de la population active n'étaient pas disponibles pour ces groupes.

Figure 3. Représentation des femmes au sein de l'effectif du Centre de recherche HAA comparativement à la disponibilité au sein de la population active



Sources : Examen de documents et de données, groupes de discussion et entretiens avec des personnes à l'interne

#### Clients et collaborateurs

Les clients et les collaborateurs du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique sont presque exclusivement les utilisateurs des observatoires qu'ils soutiennent, y compris les partenariats internationaux qui exploitent et gèrent ces observatoires. Au cours de la période d'évaluation, le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique recensait au total 45 accords signés (16 accords canadiens et 29 internationaux) totalisant des revenus de 8,3 M\$. Il convient de noter que 85 % de la totalité des revenus, pendant la période d'évaluation, provenaient de 15 accords signés.



#### **Autres ministères**

- 5 accords avec des entités du gouvernement fédéral canadien
- Total des revenus découlant des accords : 0.8 M\$
- Responsable de 10 % de la totalité des revenus



#### Milieu universitaire et autres\*

- 25 accords
- 20 % du Canada et 80 % de l'étranger
- Total des revenus découlant des accords : 4,4 M\$
- Responsable de 52 % de la totalité des revenus

\*Associations, organisations et observatoires



#### **Industrie**

- 15 accords
- 40 % du Canada et 60 % de l'étranger
- Total des revenus découlant des accords : 3,1 M\$
- Responsable de 38 % de la totalité des revenus

\* Le total des revenus au cours de la période d'évaluation (11,1 M\$) comprend les revenus provenant d'accords signés au cours de la période d'évaluation (valeur de 8,3 M\$), tels que décrits en détail ci-dessus, ainsi que les revenus des accords signés avant la période d'évaluation.

Sources : Examen de données et de documents

#### Unités

Pour s'acquitter de son mandat et réaliser le PLT, le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique exploite trois unités : l'Unité d'astronomie optique (DAO), l'Unité de radioastronomie (DRA) et l'Unité des technologies pour l'astronomie (DTA).



Observatoire fédéral d'astrophysique

#### **Astronomie optique (DAO)**

- Mène ses activités à l'Observatoire fédéral d'astrophysique (OFA), qui comprend le CCDA.
- Il soutient et facilite l'accès des astronomes canadiens aux télescopes optiques, ultraviolets (UV) et infrarouges (IR).
- Assure le soutien en nature et contractuel de l'exploitation des observatoires (UV/optique/IR) du Canada et joue le rôle d'intermédiaire entre ces observatoires et la communauté astronomique canadienne.
- Exploite et gère le « télescope Plaskett » de 1,8 m et le télescope de 1,2 m.

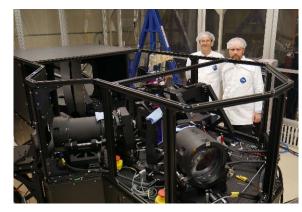
Sources : Examen de documents



Télescope John A. Galt

#### Radioastronomie (DRA)

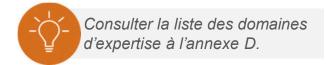
- Mène ses activités à l'OFA et à l'Observatoire fédéral de radioastrophysique (OFR).
- Soutient et facilite l'accès aux observatoires d'études d'ondes millimétriques/ submillimétriques et centimétriques.
- Sert d'intermédiaire entre la communauté astronomique canadienne et l'observatoire ALMA à Atacama, et offre des services scientifiques et techniques en soutien aux radiotélescopes nationaux et internationaux du Canada.
- Soutient le déploiement d'expériences dirigées par des équipes universitaires avec leur propre télescope à l'OFR.



Banc optique du GHOST

#### **Technologies pour l'astronomie (DTA)**

- Mène ses activités à l'OFA et à l'OFR.
- Conçoit et met au point des instruments et des infrastructures d'observation pour les installations qui abritent les télescopes nationaux et internationaux soutenus par le Canada.
- Offre des services scientifiques, techniques et consultatifs.



PROFIL

#### Installations

- Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique exploite deux observatoires nationaux du Canada et orchestre la participation du Canada à trois observatoires internationaux; il prend part également au projet de deux installations internationales en construction.
- Le Centre de recherche est installé à l'OFA, près de Victoria, en Colombie-Britannique et à l'OFR, à Penticton, en Colombie-Britannique. Le CCDA est également installé dans l'installation de l'OFA.

#### Installations canadiennes

- Observatoire fédéral d'astrophysique (OFA)
- Observatoire fédéral de radioastrophysique (OFR)

#### **Installations internationales**

- Grand réseau millimétrique et submillimétrique de l'Atacama (ALMA)
- Télescope Canada-France-Hawaï (TCFH)
- Observatoire Gemini

#### Installations en construction

- Radiotélescope SKA (Square Kilometre Array)
- Télescope de trente mètres (TMT)

Figure 4. L'OFA (Victoria) et l'OFR (Penticton) sont situés en Colombie-Britannique. Victoria Penticton Pour obtenir de plus amples renseignements sur ces installations, veuillez vous reporter à l'annexe E.

Sources: Site Web du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

# Excellence scientifique • Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique est un chef de file de l'excellence scientifique. Il a contribué à un éventail de réalisations scientifiques et de développements technologiques qui ont encore une incidence positive dans le domaine de l'astronomie et qui ont été reconnus par les communautés scientifiques nationales et internationales. Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a mis au point des instruments utilisés par des astronomes canadiens et étrangers. Il est très engagé au sein de comités scientifiques, de groupes de travail et de conseils consultatifs internationaux, et il maintient ainsi la présence du Canada sur la scène internationale. Les scientifiques et les boursiers de recherches postdoctorales du Centre de recherche produisent un grand nombre de publications importantes, excédant les cibles annuelles du CNRC. Le CCDA a pris part à de nombreuses publications à comité de lecture.

### Réalisations scientifiques et développements techniques

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a contribué à un éventail de réalisations scientifiques et de développements technologiques qui ont une incidence positive persistante dans le domaine de l'astronomie. Le Centre de recherche a mis au point des instruments utilisés par des astronomes canadiens et étrangers.

## Exemples clés des réalisations scientifiques du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

Au cours de la période d'évaluation, les contributions du Centre de recherche ont mené :

- à la mise au point de nouveaux instruments, notamment le corrélateur et le formeur de faisceaux pour le radiotélescope SKA, le Télescope de trente mètres, le système d'optique adaptative infrarouge en champ étroit (NFIRAOS), le spectrographe multi-objet à infrarouge Gemini (GIRMOS) et l'imageur de planètes Gemini (GPI);
- à de nouvelles découvertes scientifiques concernant des questions de recherche prioritaire en astronomie (p. ex., un cadre de référence astrométrique pour la mission New Horizons de la NASA);
- à des applications industrielles (p. ex., Calian Advanced Technologies a construit une installation spécialisée à Saskatoon, au Canada, pour produire une nouvelle ligne d'antennes composites paraboliques de six mètres et de dix mètres pour les communications par satellite à des fréquences plus élevées, en s'appuyant sur la technologie relative au SKA mise au point par HAA).

Le Comité d'examen par les pairs (CEP) du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a découvert que, bien qu'il soit une petite organisation, le Centre de recherche HAA gère un nombre impressionnant de projets de recherche et techniques et fournit des services importants aux astronomes canadiens.

## L'utilisation des instruments qu'il a mis au point prouve qu'il est un chef de file de l'excellence scientifique

- De 2012 à 2017, le Centre de recherche a contribué à la conception et à la construction de deux spectrographes perfectionnés à haute résolution (SPIROU à l'observatoire du TCFH et NIRPS [Near Infra Red Planet Searcher] à l'Observatoire européen austral [ESO], à La Silla) qui effectuent de grands sondages à la recherche de planètes rocheuses autour de centaines d'étoiles de classe M.
- Les instruments d'astronomie et d'astrophysique du Centre de recherche sont exploités dans les grands observatoires dans le cadre de projets scientifiques qui ont une grande incidence, notamment le corrélateur WIDAR pour le très grand réseau Jansky (JVLA), les récepteurs dans la bande 3 du télescope ALMA et le spectrographe multi-objets Gemini (GMOS).
- La moitié du temps d'observation à l'Observatoire Gemini est consacrée au GMOS, même si ces spectrographes jumeaux ont été mis en service il y a près de 20 ans.
- Le Centre de recherche soutient l'Expérience canadienne de cartographie de l'intensité de l'hydrogène (CHIME) en fournissant l'installation. Des boursiers postdoctoraux et le personnel de l'Observatoire contribuent à la détection et à la localisation des sursauts radio rapides presque tous détectés dans le cadre de CHIME.



«Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a la capacité de s'imposer sur la scène internationale et de soutenir les universités dans la conduite de leurs nouvelles missions, notamment dans le cadre de l'expérience CHIME.» —Comité d'examen par les pairs du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

**Sources :** Examen de documents et de données, sondage en ligne, groupes de discussion internes, entretiens avec des personnes à l'interne et de l'extérieur, examen par les pairs



#### Présence et reconnaissance sur la scène internationale

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique est très engagé au sein de comités scientifiques, de groupes de travail et de conseils consultatifs internationaux, et il maintient ainsi la présence du Canada sur la scène internationale. Il est reconnu pour ses contributions à la recherche en astronomie par les communautés scientifiques nationales et internationales.

#### Participation aux rassemblements d'astronomie du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

- Depuis 2016, le personnel du Centre de recherche a pris part aux activités de 66 comités (49 internationaux), de 12 groupes de travail internationaux et de 11 conseils consultatifs.
- Pendant la même période, le personnel a assisté à 54 conférences nationales et internationales d'astronomie et a fait des présentations dans le cadre de 39 conférences et ateliers ou à des instituts nationaux et internationaux.
- Les intervenants reconnaissent la capacité du personnel à réunir les parties concernées et à les aider à régler des questions sensibles, comme celles entourant la mobilisation des Autochtones ou les objectifs d'EDI.



CHIME. Penticton C.-B.

#### Prix nationaux et internationaux décernés au Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

Au cours de la période d'évaluation, ses employés ont été reconnus pour leur apport à la recherche scientifique par divers prix nationaux et internationaux qui leur ont été remis, notamment :

- Prix du gouverneur général pour l'innovation (2020);
- Prix international de Guggenheim (2020);
- Membre de la Société royale d'astronomie du Canada (2020);
- Prix New Horizons en physique pour une initiative innovatrice (2020);
- Prix Warner et Rubin de l'American Astronomical Society (2019);
- Prix Gruber de cosmologie (2018);
- Médaille d'or Gerhard-Herzberg en sciences et en génie du Canada du CRSNG (2016).

**Sources :** Examen de documents et de données, sondage en ligne, groupes de discussion internes, entretiens avec des personnes à l'interne et de l'extérieur, examen par les pairs

#### **Publications**

Pendant la période d'évaluation, le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a produit des niveaux considérables de publications, qui ont surpassé les cibles annuelles. En outre, les données du CCDA ont été citées dans plusieurs publications scientifiques avec comité de lecture.

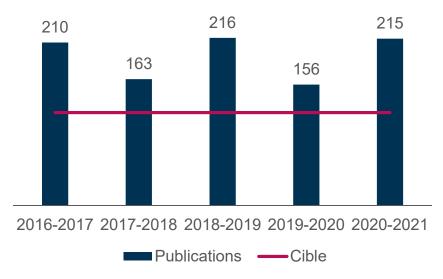
## Succès associés à la publication des recherches du Centre de recherche HAA

- Au cours de la période d'évaluation, le Centre de recherche a publié 960 publications scientifiques évaluées par les pairs, **surpassant sa cible quinquennale** fixée à 600.
- Le taux de citations a varié entre 1,72 et 2,36, dépassant également le taux de citations annuel moyen de 1,5 pour le CNRC.
- Le Centre de recherche emploie des scientifiques de renom qui œuvrent à faire progresser la science astronomique et publient leurs découvertes sur divers sujets.
- Le CEP a fait valoir que le Centre de recherche publie dans des revues percutantes prestigieuses, comme Nature, et qu'il a produit des articles sur l'ingénierie très considérés.
- Depuis l'évaluation de 2016, l'accès aux télescopes canadiens s'est traduit par 49 publications avec comité de lecture et l'accès aux télescopes internationaux, par 796 publications.

#### Chiffres clés associés au CCDA

- La communauté astronomique accorde une grande valeur aux données du CCDA; 723 publications avec comité de lecture ont reconnu l'utilisation des données du CCDA au cours de la période d'évaluation.
- De plus, au cours des cinq dernières années, **l'adhésion au CCDA est passée** de 4 498 à 8 000 membres.

Figure 5. De 2016-2017 à 2021-2022, le nombre de publications a surpassé les cibles.



**Sources :** Examen de documents et de données, sondage en ligne, groupes de discussion internes, entretiens avec des personnes à l'interne et de l'extérieur, examen par les pairs



# Pertinence • Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

Les activités et les priorités stratégiques du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique sont étroitement alignées sur les besoins de la communauté astronomique canadienne, ce qui témoigne de la pertinence du Centre de recherche. Les nouvelles installations au pays, comme CHIME et l'Observatoire canadien de l'hydrogène et détecteur de signaux radio transitoires (CHORD), sont la preuve de l'intérêt marqué pour les clients et de la pertinence du Centre de recherche. De plus, le Centre de recherche soutient les objectifs stratégiques du gouvernement fédéral et du CNRC.

### Alignement sur les besoins de la communauté astronomique canadienne

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique s'appuie sur les orientations du Plan à long terme de la Société canadienne d'astronomie. Il s'assure ainsi que ses activités et ses priorités stratégiques sont étroitement alignées sur les besoins de la communauté astronomique canadienne.

- Pour s'assurer que ses activités et ses plans stratégiques sont alignés sur les besoins et les demandes de recherche de la communauté astronomique canadienne, le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique suit les orientations du PLT pour l'astronomie au Canada.
- À titre d'exemple, le PLT 2010 avait établi que la recherche de preuves de vie au-delà de notre système solaire (Sommes-nous seuls?) était une priorité scientifique des prochaines décennies, ce qui avait incité le Centre de recherche à établir le laboratoire NEW EARTH (Terre nouvelle) en 2019, le seul laboratoire de ce type au Canada, afin d'y développer des technologies et des algorithmes images à contraste très élevé.
- En vertu du PLT 2020, le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique continue à participer au développement des télescopes de l'avenir, contribue à l'amélioration des installations intermédiaires, jette les bases en vue d'installations dans l'espace et participe à l'infrastructure de recherche numérique du Canada avec le CCDA.
- Le CEP a indiqué qu'il s'agissait d'une occasion pour le Centre de recherche de mettre à jour son plan stratégique pour qu'il tienne compte du PLT 2020 et des plus récents développements apportés aux installations en construction (c.-à-d., le TMT et le télescope SKA).
- Le Comité a également fait valoir que le Centre de recherche pourrait trouver avantageux d'élargir son expertise sur le plan de l'exploitation et de la gestion des installations, afin de renforcer ses autres champs d'expertise, comme le CCDA.



Première de couverture du PLT 2020 Source : © Canadian Astronomical Society/ Société canadienne d'astronomie



#### Plan à long terme

- Le PLT a été préparé par la Société canadienne d'astronomie (CASCA) en collaboration avec le CNRC et le CRSNG, et il est soutenu par la Société royale d'astronomie du Canada (SRAC).
- Le Plan témoigne du consensus au sein de la communauté astronomique canadienne concernant les futurs axes de recherche en astronomie.

**Sources :** Examen de documents, examens d'installations, sondage en ligne, groupes de discussion internes, entretiens avec des personnes à l'interne et de l'extérieur, examen par les pairs

### Alignement sur les besoins de la communauté astronomique canadienne

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique met à la disposition des chercheurs les télescopes canadiens et étrangers dont ils ont besoin, mais la demande des astronomes surpasse l'offre de temps d'observation disponible. Parmi les intervenants de l'extérieur, peu sont au courant de l'existence de la Commission consultative et du but de son mandat.

## La participation du Centre de recherche dans les installations de recherche internationales et canadiennes témoigne de sa pertinence

- Le CEP a indiqué que les activités du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique et sa participation dans les installations de recherche internationales, notamment le Grand réseau d'ALMA, le Très vaste réseau Jansky (JVLA), le réseau d'un kilomètre carré SKA, le Très grand réseau de la prochaine génération (ngVLA), les télescopes TMT, Gemini et TCFH, ainsi que les nouvelles installations au pays, comme CHIME et CHORD, sont des indicateurs de son intérêt marqué pour les clients et de sa pertinence.
- Les répondants au sondage qui prennent part aux activités de recherche d'observation avec des télescopes terrestres utilisent un large éventail de ces télescopes, y compris, sans en exclure d'autres, ceux qui obtiennent un soutien du Canada.



des répondants au sondage qui prennent part à la recherche d'observation avec des télescopes terrestres nécessitant du temps d'observation avec les télescopes ont déclaré que les télescopes internationaux soutenus par le Canada sont essentiels pour répondre à leurs besoins.



des mêmes répondants ont affirmé que les télescopes terrestres en sol canadien (installés à l'OFA et à l'OFR) étaient cruciaux pour leur recherche.

• La demande de temps d'observation aux télescopes internationaux et canadiens soutenus par le Canada dépasse l'offre de temps disponible pour les astronomes, ce qui témoigne de leur pertinence.

#### Commission consultative du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

- La Commission consultative a été instaurée en réponse à une recommandation découlant de l'évaluation de 2016 à l'effet de mettre en place un processus officiel de consultation pour permettre à la communauté astronomique canadienne de donner des conseils stratégiques sur les activités et priorités scientifiques du Centre de recherche.
- La Commission consultative fournit des conseils de divers points de vue qui représentent l'éventail de la communauté astronomique (10 membres de l'administration publique, des établissements d'études postsecondaires, de la recherche et de l'industrie).
- Elle fournit des recommandations stratégiques au Centre de recherche (p. ex., sur le développement d'un processus interne officiel pour hiérarchiser la participation aux projets du Centre de recherche HAA).
- Parmi les intervenants de l'extérieur de la communauté astronomique canadienne, peu sont au courant de l'existence de la Commission et du but de son mandat.
   Par conséquent, il pourrait exister un risque que le Centre de recherche n'ait pas pris en compte le point de vue de l'ensemble de la communauté astronomique canadienne dans ses activités et priorités.

**Sources :** Examen de documents, examens d'installations, sondage en ligne, groupes de discussion internes, entretiens avec des personnes de l'extérieur, examen par les pairs

## Harmonisation avec les priorités du gouvernement fédéral et celles du CNRC

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique est aligné sur les objectifs stratégiques du gouvernement fédéral, y compris ceux visant à faire progresser la science fondamentale, à soutenir la prochaine génération de scientifiques et à favoriser la collaboration scientifique. Il est également aligné sur le mandat et les objectifs stratégiques du CNRC.

#### Alignement sur les objectifs stratégiques du gouvernement fédéral

- Les objectifs actuels et futurs du Centre de recherche sont alignés sur les objectifs du gouvernement fédéral visant à faire progresser la recherche fondamentale (budgets de 2019 et de 2021) et à veiller à ce que les sciences pures soient à la disposition des chercheurs et du grand public par l'entremise du CCDA (Lettre de mandat du président du CNRC, 2019).
- La vision scientifique du Canada établit les objectifs suivants: soutenir la prochaine génération de scientifiques et favoriser la collaboration scientifique au Canada. Le Centre de recherche réalise ces objectifs en formant des étudiants et des boursiers postdoctoraux, et par l'entremise de ses partenariats établis avec les universités, les instituts et l'industrie dans le cadre de projets de recherche.



## Alignement sur le mandat et les axes stratégiques du CNRC

- Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique appuie la réalisation du mandat du CNRC d'« assurer le fonctionnement et la gestion des observatoires astronomiques mis sur pied ou exploités par l'État canadien ».
- Il appuie l'axe stratégique du CNRC qui cherche à comprendre notre monde par la recherche fondamentale en contribuant aux grands projets astronomiques et à l'avancement de l'astronomie.
- Le Centre de recherche soutient également l'axe stratégique qui vise à enrichir le Canada par l'innovation en employant des petites et moyennes entreprises (PME) pour fournir des solutions techniques aux observatoires et en invitant les PME à appliquer les technologies astronomiques qu'il a mises au point dans l'industrie, comme les prototypes d'antennes paraboliques conçus pour le SKA qu'utilise désormais l'industrie en Saskatchewan, au Canada.

Sources: Examen de documents, examens d'installations, entretiens avec des personnes à l'interne, groupes de discussions internes

## Mobilisation • Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a été efficace pour établir et maintenir des partenariats et des collaborations solides avec des partenaires nationaux et internationaux importants. En participant à des grands projets d'astronomie menés au pays et à l'étranger, le Centre de recherche a démontré qu'il parvenait à mobiliser efficacement les partenaires et les collaborateurs qui ont le profil recherché. L'étendue des services et le soutien offerts par le Centre de recherche sont bien connus de la communauté astronomique canadienne, mais il serait possible d'améliorer la sensibilisation à l'échelle internationale, au sein de l'industrie, parmi les étudiants et le grand public. Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a accru sa collaboration avec les autres centres de recherche du CNRC. Comme les installations du Centre de recherche (OFA, OFR) sont situées sur des terres autochtones traditionnelles, il maintient le dialogue ouvert et consulte régulièrement les communautés autochtones de la région.

## Collaborations et partenariats

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique peut compter sur des collaborations et des partenariats bien établis avec des universités et des instituts canadiens et internationaux. Dans une moindre mesure, le Centre de recherche a aussi établi des partenariats nationaux et internationaux avec l'industrie, qui ont entraîné la création d'entreprises commerciales et d'applications technologiques au sein de l'industrie.

#### Collaborations et partenariats canadiens et internationaux

- La majorité des activités du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique englobe des partenaires et des collaborateurs, ce qui favorise le transfert de connaissances, l'accès à des compétences spécialisées et à de l'aide pour gérer les projets complexes. Le Centre de recherche s'appuie sur de telles collaborations pour accroître les gains d'efficience.
- Au cours de la période d'évaluation, le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a collaboré avec des partenaires de l'industrie canadienne (p. ex., Calian Advanced Technologies, à Saskatoon) et internationale (p. ex., EMSS en Afrique du Sud), avec des ministères gouvernementaux (p. ex., l'Agence spatiale canadienne ASC) et des réseaux universitaires et de recherche (p. ex., l'Association of Universities for Research Astronomy AURA à l'international).
- Certaines de ces relations reposent sur la base d'ententes de soustraitance, avec des éléments de collaboration, de transfert de connaissances et de renforcement des capacités.
- Le CEP a découvert que le Centre de recherche présente un excellent bilan sur le plan de l'engagement commercial, y compris le développement commercial de la propriété intellectuelle (PI) et d'autres développements techniques pour l'industrie.
- Il a également fait valoir que le Centre de recherche maintient des engagements dynamiques qui ont conduit au développement de nouvelles idées, comme le projet en astrophotonique (décrit à la section Collaborations avec d'autres centres de recherche du CNRC).



#### Calian Advanced Technologies (Saskatoon, Canada)

- Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a formé un partenariat avec Calian Advanced Technologies afin de lui fournir des connaissances et une expertise pour construire des antennes radio paraboliques à partir de matériaux composites.
- Ce nouveau type d'antenne fournit un faisceau de grande qualité pour une utilisation efficace de la puissance de réception et de transmission grâce au degré d'égalité et de rigidité de la surface, et à sa stabilité thermique.
- Grâce aux connaissances acquises par l'intermédiaire du Centre de recherche, Calian Advanced
   Technologies a pu ouvrir une division spécialisée dans la production de ces antennes paraboliques.



#### **EMSS (Afrique du Sud)**

- Le Centre de recherche a collaboré avec EMSS pour fournir des amplificateurs à faible bruit qui seront intégrés aux récepteurs de son observatoire de radioastronomie cryogénique.
- EMSS fournit ces récepteurs à l'observatoire MeerKAT (un précurseur du plus grand radiotélescope SKA) et il contribuera au développement du projet SKA.

### Collaborations et partenariats

Au cours de la période d'évaluation, le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a signé 45 accords avec des partenaires canadiens et internationaux. Il s'est associé à des organisations particulières afin d'acquérir de l'expertise et de renforcer ses capacités internes. La réputation bien établie du Centre de recherche au sein de la communauté astronomique lui a valu d'intéresser ces partenaires nationaux et internationaux.

#### Partenariat stratégique

26

- Au cours de la période d'évaluation, le Centre de recherche a signé 45 accords avec des partenaires canadiens et internationaux qui totalisent des revenus de 8,3 M\$.
- Il s'est associé à des organisations qui exploitent de grands télescopes (p. ex., ALMA, Gemini, SKA, TMT) pour que la communauté astronomique canadienne puisse avoir accès aux installations de pointe.
- Le CEP a indiqué que, grâce à sa participation aux plus grands projets d'astronomie internationaux et canadiens, le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a fait la preuve de son engagement avec des partenaires et des collaborateurs appropriés, y compris en vertu de partenariats stratégiques établis avec l'industrie
- Le CEP a fait valoir que le Centre de recherche avait tendance au départ à établir des partenariats avec des organisations de l'extérieur dans le but d'acquérir une expertise en particulier (p. ex., le personnel s'est engagé dans la gestion du TMT afin d'accroître ses compétences en gestion de projet complexe), ce qui renforce les capacités internes et réduit les risques liés au projet.
- L'expertise et les compétences en gestion de projet du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique lui ont valu de se forger une réputation solide au sein de la communauté astronomique et ont accru sa capacité d'intéresser des partenaires nationaux et internationaux.

Figure 6. Totalité des revenus tirés des ententes de partenariats, par exercice\*



\* Les données de 2015-2016 ont été prises en compte puisque certains revenus associés aux accords de cet exercice ont été reçus au cours de la période d'évaluation.



«Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique s'assure une aide extérieure pour acquérir une expertise particulière afin d'augmenter ses talents techniques et d'atténuer les risques.» —Comité d'examen par les pairs du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

## Collaboration avec les autres centres de recherche et sensibilisation aux services du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

Même si depuis 2016 le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a accru ses collaborations avec les autres centres de recherche du CNRC, il pourrait faire encore mieux. Bien qu'il soit bien connu au sein de la communauté astronomique canadienne, il pourrait mieux se faire valoir au sein de l'industrie, de la communauté internationale et du grand public.

#### Collaborations avec d'autres centres de recherche du **CNRC**

- Au sein du CNRC, le Centre de recherche en Herzberg en astronomie et en astrophysique est passé d'un travail en silo (selon une observation de l'évaluation de 2016) à des collaborations avec d'autres centres de recherche du CNRC, notamment le Centre de recherche en nanotechnologie (NANO) (p. ex., miroirs déformables à plus basse tension pour améliorer la qualité des images dans le cadre du projet Finding Earth 2.0), et le Centre de recherche en électronique et photonique avancées (EPA) du CNRC (p. ex., développement d'une puce astrophotonique destinée aux instruments qui cherchent à découvrir de la vie audelà du système solaire).
- Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique pourrait encore accroître ses collaborations avec les autres centres de recherche du CNRC



Panneau de TALON

#### Occasions d'accroître la sensibilisation

- Bien que le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique soit bien connu au sein de la communauté astronomique canadienne, ce n'est pas le cas dans certains secteurs de la communauté internationale, de l'industrie et du grand public.
- Le CEP a suggéré que le Centre de recherche améliore la communication de ses résultats et réussites, tant auprès des intervenants de l'extérieur que du grand public.
- Le CEP est également d'avis que le Centre de recherche pourrait améliorer ses stratégies de contact avec l'industrie en adoptant une approche plus ciblée, notamment en considérant des possibilités de formation et de stages en industrie pour renforcer les capacités du personnel et les compétences requises pour atteindre les résultats attendus.
- Outre les étudiants des universités avec lesquelles le Centre de recherche a établi des collaborations (p. ex., l'Université de Victoria, l'Université de Montréal, l'Université McGill et l'Université de Toronto), les autres semblent peu connaître les possibilités de recherche au Centre de recherche ou les options offertes aux boursiers postdoctoraux.
- Selon les répondants au sondage, le CCDA offre un soutien important à la communauté des astronomes. Cependant, les intervenants de l'extérieur et le CEP ont l'impression que certains segments de la communauté connaissent mal les services offerts par le Centre de recherche, notamment les possibilités de collaboration et le soutien aux données fourni par le CCDA.

#### Mobilisation des Autochtones et durabilité environnementale



Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a établi des relations avec les communautés autochtones locales. Il joue un rôle de premier plan dans le cadre des dialogues internationaux avec les peuples autochtones et il veille à la durabilité environnementale des sites de l'OFA et de l'OFR.

L'OFA, près de Victoria, est installé sur les terres visées par les traités Douglas et l'OFR, à Penticton, et est situé sur le territoire non cédé de la Nation des Sylix. Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique reconnaît son obligation morale et légale de consulter et de mobiliser les Premières Nations de la région dès qu'il y a une probabilité qu'elles soient touchées par un projet en cours de planification.

- Le personnel du Centre de recherche a fait état d'une relation positive avec les communautés autochtones locales, qui repose sur des activités de consultation transparentes sur place et de mobilisation au besoin.
- Le personnel a aussi fait valoir que l'OFR entretient une relation de longue date avec l'Okanagan Nation Alliance qui repose sur des liens personnels, des intérêts partagés, la confiance et le respect, et que l'OFA a amorcé récemment un dialogue avec le conseil suprême de la Première Nation WSÁNEĆ afin de discuter des possibilités de partage des connaissances autochtones lors de nuits d'observation ouvertes au public ainsi que des possibilités de recherche/formation.
- Les intervenants de l'extérieur et le CEP reconnaissent que le Centre de recherche fait participer activement les communautés autochtones locales et qu'il veille à ce que les groupes autochtones déterminent eux-mêmes la portée et le type d'engagement en consultation avec le Centre de recherche.
- Certains intervenants de l'extérieur ont fait valoir que le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique est connu pour son rôle de leadership dans le cadre des dialogues menés avec les Autochtones dans un contexte international.
- Le Centre de recherche travaille également dans le but d'assurer la durabilité environnementale des sites de l'OFA et de l'OFR, p. ex., en consultant Environnement et Santé et sécurité au travail du CNRC concernant toute question relative à l'environnement, notamment la préservation des espèces en péril.



L'Observatoire fédéral d'astrophysique (OFA) et les terres avoisinantes Source: Navigateur d'installations de recherche



Aucun Autochtone des communautés locales n'a été interrogé dans le cadre de cette évaluation. Ces constatations représentent les points de vue du personnel du Centre de recherche. d'intervenants de l'extérieur et de membres du comité d'examen par les pairs.

# Capacités • Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a déjà possédé les capacités, les compétences et les installations nécessaires à l'atteinte de ses objectifs, mais les nombreux défis opérationnels mis au jour lors de l'évaluation de 2016 persistent, notamment les contraintes en ressources humaines, les défis associés à l'infrastructure et au soutien infotechnologiques, et la lenteur des processus d'approvisionnement. Considérant que la complexité et la taille des projets augmentent sans cesse, le Centre de recherche a mis en place un processus de hiérarchisation et de sélection des projets pour mieux gérer les demandes de projet en fonction des ressources disponibles. L'effectif du Centre de recherche manque de diversité comparativement à la disponibilité au sein de la population active. En outre, environ un tiers des membres du personnel sera admissible à la retraite au cours des cinq prochaines années. Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique exploite des installations uniques au Canada, mais certaines ont un grand besoin d'entretien ou de modernisation. Les subventions et contributions annuelles pour l'accès des astronomes canadiens aux télescopes internationaux sont les mêmes depuis 2011, ce qui risque éventuellement de réduire le temps d'observation qui leur est attribué.

#### Centralisation des services

La centralisation en 2012 des services infotechnologiques à Services partagés Canada (SPC) continue de causer des problèmes d'efficacité et a eu des répercussions négatives sur l'exploitation du Centre de recherche. Au sein du CNRC, les caractéristiques de sécurité de réseau, l'augmentation des tâches administratives et la lenteur des processus d'approvisionnement pour les appareils de base en milieu de travail créent de réels défis pour le Centre de recherche.



#### **CONTEXTE**

- En 2012, le gouvernement a créé SPC. En vertu de la *Loi sur Services partagés Canada*, les ministères du gouvernement fédéral doivent obligatoirement s'adresser à SPC pour les services d'infrastructure de GI/TI. Une partie de l'ensemble des ressources en GI/TI des ministères et organismes fédéraux a été transférée à SPC. Un modèle de prestation de services a été mis en place, et des efforts ont été déployés en vue d'uniformiser les services.
- Avant 2012, des spécialistes internes en GI/TI répondaient aux besoins du Centre de recherche HAA; ils possédaient l'expertise requise pour répondre à ses besoins uniques en GI/TI. Lors de la mise en œuvre de la stratégie du CNRC 2013-2018, le soutien infotechnologique et plusieurs fonctions administratives (p. ex., les RH, les finances, les communications, la gestion des installations et des affaires, les acquisitions) qui étaient sous la responsabilité des centres de recherche ont été centralisés.

#### Une diminution des services et une baisse d'efficacité

- Parmi les améliorations apportées aux infotechnologies depuis l'évaluation de 2016, mentionnons la modernisation du réseau Internet passé à 10 gigaoctets (Go) à l'OFA, une augmentation de 1 Go du réseau Internet à l'OFR ainsi qu'une plus grande capacité de stockage pour le CCDA. Malgré les améliorations, les problèmes persistent.
- Selon le personnel du Centre de recherche, la centralisation des services infotechnologiques à SPC a entraîné une diminution des services et une baisse d'efficacité.
- Parmi les employés en place, ils sont peu nombreux à être équipés pour répondre aux besoins spécialisés du Centre de recherche, et le personnel de SPC ne possède pas l'expertise scientifique nécessaire pour répondre aux besoins techniques spécialisés du Centre de recherche.
- Comme l'infrastructure de stockage de données de SPC est insuffisante pour la quantité de données détenues par le CCDA, le Centre de recherche s'est associé à Calcul Canada pour utiliser un système de traitement en nuage afin de répondre aux besoins de stockage des données.

#### Certains services du CNRC créent des défis pour le centre de recherche

- Le réseau du CNRC est lent en raison des caractéristiques de sécurité infotechnologique du CNRC, ce qui a nui à la qualité de la connexion et de la vidéo pendant les réunions virtuelles, causant des problèmes de communication lors des collaborations avec les partenaires de l'extérieur.
- Le Centre de recherche s'est buté aux longs délais d'approvisionnement pour des appareils technologiques indispensables dans le milieu de travail, notamment des ordinateurs portables pour les chercheurs.
- Avec la centralisation des services du CNRC, le Centre de recherche a perdu ses spécialistes de soutien informatique. L'embauche, l'accueil des nouveaux employés, les arrangements de voyage et les évaluations ergonomiques ont été délégués aux chercheurs et aux superviseurs, augmentant leur charge de travail et les obligeant à délaisser leurs priorités de recherche pour effectuer des tâches administratives et de gestion.
- Le CNRC est tenu de respecter la normalisation de la mise en forme exigée par le gouvernement du Canada pour les pages Web de l'ensemble des centres de recherche. Comme le contenu relève de la responsabilité de la Direction des communications, le Centre de recherche doit obtenir son approbation, ce qui nuit à sa capacité d'effectuer rapidement des mises à jour et de produire du contenu spécial.
- Le CEP a découvert que le Centre de recherche devait améliorer la communication de ses résultats et réussites (par le truchement de son site Web) auprès des intervenants de l'extérieur.

Sources : Examen de documents, groupes de discussion et entretiens avec des personnes à l'interne

## Envergure et sélection des projets

Le nombre, la portée et la complexité des projets d'astronomie ne font qu'augmenter. Pour répondre à cette situation, le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique s'efforce d'optimiser les possibilités de financement externe liées aux projets menés en collaboration et, récemment, il a mis en place un processus de hiérarchisation et de sélection des projets afin de trouver le bon équilibre entre les demandes de projet et les ressources disponibles. Dans certains cas, le Centre de recherche réduit le nombre de projets qu'il peut soutenir ainsi que leur portée.

- Considérant les ressources dont il dispose présentement, le Centre de recherche a su gérer efficacement ses activités au cours de la période d'évaluation (p. ex., en dépassant constamment ses cibles de publication et en atteignant ses objectifs de revenus au cours des deux dernières années).
- En plus du financement attribué par le CNRC, il s'efforce d'optimiser les possibilités de financement externe avec d'autres centres de recherche du CNRC, mais aussi avec l'industrie et le milieu universitaire.
- Dans certains cas, l'équilibre entre la demande de projets et les ressources disponibles a entraîné une réduction du nombre et de la portée des projets pouvant être soutenus par le Centre de recherche et a même parfois conduit à l'annulation de projets (p. ex., des conceptions techniques pour le réseau compact de 6 mètres ngVLA).



#### Processus de sélection des projets

- Suivant les conseils de la Commission consultative du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique, le Centre de recherche a mis au point un processus de sélection des projets qu'il a commencé à appliquer dès décembre 2020.
- Un tel processus a pour but d'aider à prendre une décision éclairée avant de s'engager dans de nouvelles possibilités en :
  - · comprenant mieux en quoi consiste la possibilité proposée;
  - examinant dans quelle mesure elle correspond aux objectifs stratégiques du Centre de recherche et du CNRC;
  - évaluant si elle répond aux besoins en recherche de la communauté astronomique canadienne;
  - tenant compte des implications sur le plan des ressources et de la gestion que cette possibilité entraînerait pour le Centre de recherche.
- Selon le CEP, ce processus de sélection est important et il est appliqué de manière **équitable, uniforme et transparente**. Comme il n'a été mis en place qu'en décembre 2020, l'évaluation n'a pas été en mesure d'analyser son incidence.

Sources : Examen de documents et de données, groupes de discussion et entretiens avec des personnes à l'interne, examen par les pairs

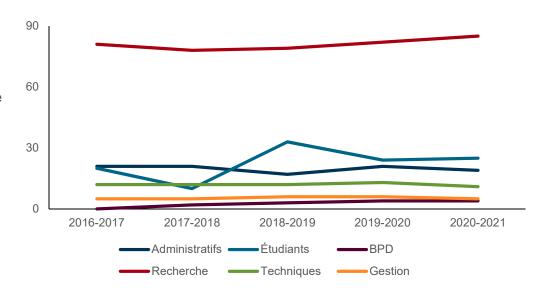
### Dotation en personnel et planification de la relève



Considérant qu'environ un tiers de ses employés sera admissible à la retraite au cours des cinq prochaines années, le Centre de recherche a conçu un plan de relève qui tient compte des questions d'EDI.

- Environ 26 % des membres du personnel du Centre de recherche sont âgés de plus de 56 ans, et près du tiers sera admissible à la retraite au cours des cinq prochaines années.
- Le Centre de recherche a conçu un plan de relève qui détermine les postes essentiels, qui cible les employés qualifiés pour remplacer le titulaire en cas de besoin immédiat et qui met l'accent sur la diversité quand vient le moment de doter les postes libérés par les départs à la retraite.
- La plupart des groupes visés par l'équité en matière d'emploi sont sous-représentés dans l'effectif du Centre de recherche, y compris aux postes de gestion, par rapport à la disponibilité de la main-d'œuvre au Canada. Pour corriger cette situation, le Centre de recherche :
  - a mis sur pied un Comité sur l'EDI (2020);
  - a pris part à un comité sur la durabilité environnementale;
  - a offert au personnel une formation du CNRC sur la diversité et les préjugés sexistes.
- Le Centre de recherche a adapté ses affiches d'embauche pour souligner la grande souplesse des exigences liées à l'emploi et les mesures d'adaptation disponibles, et il veille à ce que les comités d'embauche soient diversifiés, recrutant même au besoin des membres du comité à l'extérieur.

Figure 7. La dotation est demeurée relativement stable pendant la période d'évaluation



Sources : Examen de documents et de données, groupes de discussion et entretiens avec des personnes à l'interne, examen par les pairs

#### Installations

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique exploite des installations uniques au Canada, mais certaines ont un grand besoin d'entretien ou de modernisation. Les astronomes canadiens sont satisfaits du processus de demande d'accès aux observatoires nationaux et internationaux. Le CCDA joue un rôle essentiel dans la recherche et le Centre s'efforce d'en améliorer les services.

## Le Centre de recherche fournit aux chercheurs l'accès aux observatoires canadiens et étrangers

- Le Centre de recherche HAA présente un **bilan solide** en matière de gestion des installations d'astronomie du Canada et de participation aux installations des observatoires internationaux.
- Il a été déterminé à la suite des examens des installations du CNRC que les installations du Centre de recherche sont uniques au Canada, car ils apportent une capacité de base et une expertise pour le développement d'instruments pour les observatoires; cependant, certaines installations ont besoin d'entretien ou de modernisation (p. ex., le télescope Plaskett de 1,8 m de l'OFA et le télescope de synthèse de l'OFR).
- Le CEP a indiqué que le Centre de recherche avait **investi dans l'infrastructure nécessaire pour les projets à venir**, notamment dans une nouvelle installation d'intégration à Victoria, en Colombie-Britannique.
- Installé sur le site de l'OFR et achevé en 2017, le télescope de l'expérience CHIME, fruit de la collaboration entre les universités et soutenu par le Centre de recherche HAA, a été conçu pour en apprendre davantage sur l'énergie sombre. Ce radiotélescope n'a aucun équivalent dans l'hémisphère nord.

## Le CCDA est essentiel pour répondre aux besoins de recherche, et certaines améliorations sont en bonne voie.

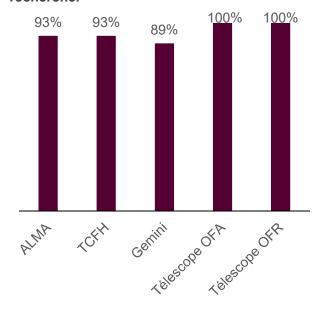
- 82 % des répondants au sondage ont déclaré que l'accès aux données du CCDA est essentiel pour répondre à leurs besoins de recherche. Un faible nombre (n=10 ou 13 %) a indiqué que l'interface utilisateur et le moteur de recherche du CCDA pourraient être améliorés.
- Il a été notamment suggéré d'améliorer la capacité à sélectionner les données en fonction de critères plus précis, d'utiliser une plateforme multi-usage qui analyse et traite les données en langage de programmation Python, et un moteur de recherche plus adapté pour accéder et extraire les données. Le personnel du Centre de recherche a indiqué que bon nombre de ces améliorations sont en bonne voie.

Sources: Examen de documents, sondage en ligne, entretiens avec des personnes à l'interne



L'examen de l'ensemble des installations du CNRC a été réalisé par l'équipe de la Finitiative du CNRC et par un comité d'experts de l'extérieur.

Figure 8. Les répondants au sondage étaient satisfaits de l'efficacité du processus de demande d'accès aux télescopes nationaux et internationaux exploités par le Centre de recherche.



#### Subventions et contributions

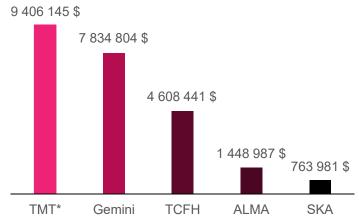
Les subventions et contributions (S et C) annuelles pour l'accès des astronomes canadiens aux télescopes internationaux sont demeurées les mêmes depuis 2011, et elles ne tiennent compte ni de l'inflation ni des fluctuations des taux de change sur le marché international. Cependant, l'absence d'une hausse des S et C pourrait entraîner une réduction du temps d'observation attribué aux astronomes canadiens dans les années à venir.

## La participation du Canada aux accords internationaux relatifs aux télescopes repose sur deux programmes de S et C

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique reçoit un financement pour soutenir la participation du Canada à de grands observatoires et télescopes internationaux, dans le cadre de deux programmes :

- le programme de S et C annuelles à l'appui des accords sur les télescopes internationaux fournit des fonds pour assurer la participation du Canada aux accords internationaux relatifs aux télescopes ALMA, Gemini, TCFH, et soutient la participation du Canada au projet SKA;
- le Programme de S et C du TMT qui finance la participation du Canada au développement de ce télescope. Le Centre de recherche HAA orchestre la participation du Canada au projet de construction du TMT, et le directeur général du Centre de recherche siège en tant que membre permanent au conseil d'administration de l'Observatoire international TMT.

#### Figure 9. Valeurs des S et C en 2020-2021



\*Les contributions à TMT ont commencé en 2018-2019

## Le Centre de recherche administre les S et C annuelles qui ne tiennent compte ni de l'inflation ni du taux de change.

- Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique gère efficacement les S et C annuelles pour soutenir l'accès aux télescopes internationaux. La souplesse des modalités des S et C permet aux observatoires d'accorder le financement en fonction des secteurs qui en ont le plus besoin.
- La valeur en dollars des S et C, établie en 2011, ne tient compte ni de l'inflation ni des fluctuations des taux de change sur le marché international. De tout temps, le CNRC a pallié les insuffisances de financement. Cependant, l'absence d'une hausse des S et C pourrait entraîner une réduction du temps d'observation attribué aux astronomes canadiens dans les années à venir (1 \$ CAN en 2011 équivaut à 1,18 \$ CAN en 2021).



Au cours de la période d'évaluation, la valeur des S et C était **similaire**, mais elle a varié d'année en année en raison du taux de change.

Sources: Examen de documents et de données, groupes de discussion internes, entretiens avec des personnes à l'interne et de l'extérieur

## Résumé des résultats attendus • Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

Reposant principalement sur les constatations des sections précédentes, le présent résumé indique dans quelle mesure le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique réalise ses cinq résultats attendus ou y contribue.

Le Centre de recherche est très compétent pour gérer les installations canadiennes et assurer la participation du Canada aux installations internationales. Malgré les défis que posent le Télescope de trente mètres (TMT) et le Réseau d'un kilomètre carré (SKA), les facteurs qui nuisent à ces projets ne relèvent pas du contrôle du Centre de recherche, même s'il est en position d'exercer une certaine influence. Le Centre de recherche offre des occasions intéressantes de stages et de recherche aux étudiants des cycles supérieurs et aux boursiers postdoctoraux. Il a prouvé sa grande capacité à offrir un soutien à la recherche qui répond aux besoins de la communauté astronomique canadienne, et il joue un rôle essentiel en contribuant à renforcer la position du Canada en tant que chef de file mondial en astronomie.

## Résultats attendus du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique (tels qu'énoncés dans le plan stratégique du Centre de recherche de 2017-2018 à 2021-2022) :

- a. gérer un ensemble d'installations nationales et internationales;
- b. fournir aux astronomes canadiens un accès aux observatoires nationaux et internationaux;
- c. contribuer à la formation des étudiants et des boursiers postdoctoraux;
- d. offrir des services de soutien à la recherche, comme il est demandé par la communauté astronomique canadienne et comme il est requis par les observatoires;
- e. contribuer au renforcement de la position canadienne parmi les chefs de file mondiaux en astronomie.

## Accès aux installations des observatoires nationaux et internationaux (résultats attendus a et b)

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique gère un ensemble d'installations nationales et internationales, et il procure aux astronomes canadiens un accès à ces observatoires.

- Le Centre de recherche HAA **gère efficacement** un ensemble d'installations nationales et internationales, et il **a su gérer efficacement l'accès à ces observatoires**. (Voir la section intitulée Capacités : Installations)
- Les astronomes canadiens ont indiqué que le **processus de demande d'accès aux observatoires nationaux et internationaux est efficace** et que le personnel offre un soutien de grande qualité aux demandeurs. (Voir la section intitulée Capacités : Installations)
- Le Centre de recherche traite un grand nombre de demandes d'accès aux installations nationales et internationales qu'il exploite. Les observatoires et télescopes nationaux et internationaux soutenus par le Centre de recherche reçoivent tous un nombre de demandes des astronomes qui surpasse l'offre de temps d'observation disponible. (Voir la section intitulée Pertinence : Alignement sur les besoins de la communauté astronomique canadienne)
- Le Centre de recherche pourrait être confronté à une réduction du temps d'observation attribué aux astronomes canadiens dans les années à venir puisque la valeur des S et C annuelles pour l'accès des astronomes canadiens aux télescopes internationaux est demeurée inchangée depuis 2011, et qu'elle ne tient compte ni de l'inflation ni des fluctuations des taux de change sur le marché international. (Voir la section intitulée Capacités : Subventions et contributions)



Télescope Canada-France-Hawaï (TCFH)

Sources: Examen de documents et de données, groupes de discussion internes, entretiens avec des personnes à l'interne et de l'extérieur

### Accès aux installations des observatoires nationaux et internationaux

Les projets de Télescope de trente mètres (TMT) et de Réseau d'un kilomètre carré (SKA) présentent de sérieux défis. Les facteurs qui ralentissent ces projets sont indépendants de la volonté du Centre de recherche, mais ce dernier est en position d'exercer une certaine influence.

### Défis entourant les projets TMT et SKA

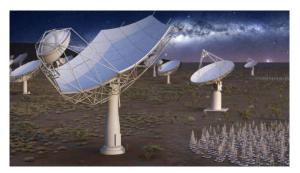
- Des difficultés sont survenues en cours de construction du TMT (p. ex., retard dans les négociations sur l'accès au Mauna Kea, hausse des coûts du projet et partenaires obligés d'affecter le financement aux questions de santé) et du SKA (p. ex., retards dans la construction et incertitude liée au financement).
- Bien que les facteurs qui ralentissent ces projets soient indépendants de la volonté du Centre de recherche, ce dernier cherche à atténuer les risques en participant au dialogue constructif amorcé avec les partenaires internationaux.
  - Concernant le projet de TMT, le Centre de recherche poursuit ses travaux de conception et soutient les efforts menés à l'échelle du projet en vue d'assurer le financement.
  - En ce qui a trait au SKA, le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique étudie d'autres applications pour une technologie déjà au point afin de préserver la valeur des investissements affectés aux instruments conçus pour ce réseau.

# Le CEP recommande au Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique de faire usage de son influence dans les projets TMT et SKA

 Le CEP a recommandé au Centre de recherche de continuer à exercer son influence dans le cadre de ces grands projets internationaux en tirant parti de son rôle au sein des comités internationaux et en travaillant en collaboration avec la communauté canadienne et d'autres organisations connexes (p. ex., CASCA, ACURA) pour assurer la participation éventuelle du Canada à ces installations et préserver l'investissement considérable du Canada dans ces projets.



Rendu du complexe du TMT. Crédit : Organisation TMT



Préfiguration du SKA. Crédit : Site Web public de SKA

• De plus, le Centre de recherche doit clairement communiquer à la communauté astronomique canadienne les risques associés à ces grands projets pour veiller à gérer les attentes de la communauté à l'égard des ressources du Centre de recherche.

Sources : Examen de documents et de données, groupes de discussion internes, entretiens avec des personnes à l'interne et de l'extérieur

# Formation des étudiants et des boursiers postdoctoraux (résultat attendu c)



Le Centre de recherche offre des possibilités de formation et de recherche intéressantes aux étudiants et aux boursiers postdoctoraux (BPD); toutefois, il pourrait faire mieux pour accroître la sensibilisation auprès des étudiants. En outre, une plus grande sensibilisation aiderait le Centre de recherche à attirer davantage de femmes et d'étudiants des groupes minoritaires.

De 2016-2017 à 2020-2021, le Centre de recherche HAA a supervisé 92 stagiaires et 20 étudiants de cycle supérieur, et il a embauché 13 BPD.

## Satisfaction générale à l'égard du programme de sélection des étudiants postdoctoraux, malgré quelques défis

- En règle générale, les étudiants étaient satisfaits du processus de sélection des stagiaires et des étudiants des cycles supérieurs. Le Centre de recherche offre des postes très intéressants aux BPD assortis d'un financement concurrentiel.
- Les étudiants et les BPD ont déclaré que le Centre de recherche HAA avait eu une **incidence positive sur leur début de carrière** en leur offrant :
  - de la latitude pour choisir un domaine de recherche qui correspond à leurs intérêts;
  - un accès à des possibilités dans un large éventail de domaines de recherche;
  - la capacité d'établir un réseau et de participer à des projets menés en collaboration;
  - un financement suffisant pour couvrir les frais de voyage et d'inscription à des conférences.
- Toutefois, le processus de sélection des BPD posait quelques défis :
  - Le CNRC affiche les occasions d'emplois pour les boursiers postdoctoraux selon son calendrier interne, qui ne correspond pas à la saison d'embauche générale en astronomie, qui survient en automne et en hiver.
  - Ce décalage réduit le bassin de candidats puisque bon nombre des étudiants postdoctoraux ont déjà été engagés ailleurs au moment où le Centre de recherche affiche les postes disponibles.

#### Accroître la sensibilisation et les possibilités

- Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique pourrait mieux faire connaître ces possibilités parmi les étudiants, à l'échelle nationale et internationale, ce qui contribuerait à attirer davantage de femmes et d'étudiants des groupes minoritaires dans les domaines de l'astronomie et de l'astrophysique.
- Il pourrait y avoir d'autres possibilités pour mieux exposer les étudiants à ce secteur et leur offrir du perfectionnement professionnel technique.
- Le CEP a découvert que le Centre de recherche pourrait établir un meilleur système de mentorat pour les chercheurs en début de carrière, ainsi que des outils d'acquisition de compétences.



Travaux préparatoires pour les prototypes d'antennes à l'observatoire CHORD

Sources: Examen des données, groupes de discussion internes, entretiens avec des personnes à l'interne et de l'extérieur, examen par les pairs



# Services de soutien à la recherche (résultat attendu d)

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique a prouvé sa grande capacité à offrir un soutien à la recherche qui répond aux besoins de la communauté astronomique canadienne; cependant, il pourrait trouver des occasions de mieux faire connaître son offre de services. Par contre, l'envergure et les coûts des projets d'astronomie augmentent, ce qui limite le nombre de projets pouvant être entrepris par le Centre de recherche et renforce la nécessité d'appliquer le processus de sélection mis en place récemment.

### Occasions d'accroître la sensibilisation à l'égard des services

- Le Centre de recherche offre des services professionnels de soutien à la recherche, de soutien technique et en matière de données qui répondent aux besoins de la communauté astronomique canadienne. (Voir la section intitulée Pertinence : Alignement sur les besoins de la communauté astronomique canadienne)
- Bien que le Centre de recherche soit bien connu au sein de la communauté astronomique canadienne, les intervenants de l'extérieur ont indiqué que tous les chercheurs ne sont pas au courant de l'offre intégrale de services, notamment du potentiel de collaboration de recherche. (Voir la section intitulée Pertinence : Alignement sur les besoins de la communauté astronomique canadienne)
- De nombreux répondants au sondage (82 %) ont indiqué que les données et le soutien technique fournis par le CCDA étaient essentiels pour répondre à leurs besoins de recherche; cependant, les intervenants de l'extérieur et le CEP ont l'impression que d'autres segments de la communauté connaissent mal les services offerts par le Centre de recherche, notamment le soutien aux données fourni par le CCDA.

### Les projets d'astronomie sont de plus en plus complexes

- La capacité du Centre de recherche à offrir un plus grand soutien à la recherche est restreinte en raison des ressources disponibles (budget et personnel). La disponibilité des ressources détermine les projets qui seront soutenus et la portée de la participation du Centre de recherche. (Voir la section intitulée Capacités : Envergure et sélection des projets)
- En règle générale, l'envergure des projets d'astronomie devient de plus en plus grande, et ils sont plus complexes et plus coûteux, c'est pourquoi le Centre de recherche a mis au point un processus de sélection dans le cadre duquel la participation au projet est évaluée en fonction de son plan stratégique et des ressources disponibles. (Voir la section intitulée Capacités : Envergure et sélection des projets)

Sources: Examen de documents et de données, groupes de discussion internes, entretiens avec des personnes à l'interne et de l'extérieur

# Contribution au renforcement de la position canadienne en astronomie (résultat attendu e)

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique joue un rôle essentiel en contribuant à renforcer la position du Canada en tant que chef de file mondial en astronomie. Toutefois, le rendement futur du Canada en astronomie pourrait être compromis.

# Le Centre de recherche joue un rôle important en contribuant à renforcer la position du Canada.

 Pendant la période d'évaluation, le Canada a maintenu une position très enviable dans le domaine de l'astronomie. Les intervenants de l'extérieur classent le Canada parmi les premiers, soit de la 3º à la 6º position, à l'instar des classements de sites Web indépendants, comme The World University Rankings, Scimago Journal and Country Ranking, et Kenznow.



des répondants au sondage ont indiqué que le Centre de recherche a joué un rôle important pour appuyer le rendement du Canada en astronomie.

 Selon le CEP, le Centre de recherche procure à la communauté astronomique canadienne des résultats significatifs, et son expertise de calibre mondial est tenue en haute estime (p. ex., son expertise en imagerie à contraste élevé pour la recherche d'exoplanètes; son soutien au calcul de haute performance et ses ressources en données existantes; son rôle actif dans le soutien et le développement scientifiques et techniques dans le cadre du projet CHIME).

## Facteurs ayant une incidence sur le rendement futur du Canada en astronomie

- Bien que le Centre de recherche participe régulièrement à de grands projets porteurs, il peine désormais à s'engager dans ces vastes projets à long terme puisque le Canada n'a pas mis en place un processus clair en vue de les financer.
- Bien que le Canada poursuive ses travaux de recherche en astronomie, les intervenants de l'extérieur sont inquiets du fait que d'autres pays progressent plus rapidement et que, en raison de la structure de financement actuelle, le Canada a du mal à suivre le rythme.
- Le sort du TMT et les décisions de financement du Canada concernant le projet SKA sont des facteurs essentiels pour établir la position du Canada en astronomie, et ils pourraient également avoir des répercussions pour le Centre de recherche.
- Les intervenants reconnaissent, advenant que le projet de TMT demeure bloqué et que le Canada ne s'engage pas à participer financièrement au SKA, qu'il s'agirait d'un recul important à la lumière du temps et des ressources consacrés par le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique à ces projets complexes de longue haleine.



«Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique doit maintenir et élargir ses activités de recherche fondamentale et prospective en sciences et technologie qui assureront le succès à long terme du Centre de recherche et de l'astronomie canadienne.»

—Comité d'examen par les pairs du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

Sources: Examen de documents, groupes de discussion internes, entretiens avec des personnes à l'interne et de l'extérieur, examen par les pairs

### Effets de la COVID-19

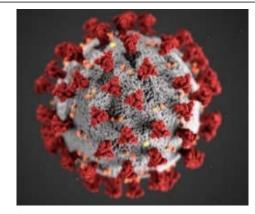
La pandémie de COVID-19 a eu de nombreux effets sur le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique, entraînant des défis mais offrant aussi des possibilités.

#### Défis

- La pandémie de COVID-19 a eu de nombreux effets sur le Centre de recherche, notamment en privant les étudiants et les boursiers postdoctoraux d'occasions d'établir un réseau ou des relations avec les partenaires des projets.
- Les restrictions de voyage ont ralenti des projets internationaux, notamment l'installation de la nouvelle technologie conçue pour GEMINI Sud.
- Sans compter la capacité d'attirer des boursiers postdoctoraux étrangers qui a été mise à mal.

#### **Possibilités**

- Malgré ces défis, le Centre de recherche a atteint, et parfois même dépassé, ses objectifs durant la pandémie de COVID-19 (p. ex., quant au nombre de publications, de collaborateurs travaillant avec le Centre de recherche).
- La COVID-19 a également offert de nouvelles possibilités au personnel, notamment la création de groupes virtuels ciblés, comme le groupe de spectroscopie optique, et de plus grandes interactions entre le personnel de l'OFA et de l'OFR (p. ex., pour la modernisation du télescope de 26 mètres DVA2, ARTTA-4 et le numériseur pour le SKA).



Coronavirus

Source : Centers for Disease Control and Prevention (CDC)

Sources : Examen de documents et de données, groupes de discussion internes, entretiens avec des personnes à l'interne et de l'extérieur

Recommandations • Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique



### Recommandations et justifications

### Plan stratégique

Le CEP a recommandé que le PLT 2020 et les plus récents développements des projets TMT et SKA soient inclus dans le plan stratégique du Centre de recherche.

#### Accroître la sensibilisation

Tant les intervenants internes que ceux de l'extérieur ont mentionné que le Centre de recherche était méconnu au sein de la communauté d'astronomie internationale, de l'industrie et du grand public.

Le CEP a suggéré que le Centre de recherche améliore la communication de ses résultats et réussites, tant auprès des intervenants de l'extérieur que du grand public. Le CEP a recommandé également que le Centre de recherche élabore une stratégie de contact ciblé avec l'industrie dans le but de renforcer les capacités et les compétences du personnel.

Il existe des exemples de collaboration entre le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique et d'autres centres de recherche du CNRC. Il pourrait être possible d'accroître la collaboration entre les centres de recherche du CNRC lorsque les domaines de recherche se recoupent.

### Améliorer les solutions infotechnologiques

Le personnel et les autres ministères ont indiqué des défis constants avec le soutien informatique au Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique. Même si des améliorations ont été apportées aux infotechnologies depuis l'évaluation de 2016, la réduction des services et de l'efficacité persiste, ce qui a des répercussions négatives sur les activités du Centre de recherche.

#### **Recommandation 1**

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique devrait mettre à jour son plan stratégique pour qu'il tienne compte du PLT 2020 et des plus récents développements des projets TMT et SKA.

#### **Recommandation 2**

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique devrait élaborer une stratégie pour accroître la mobilisation et mieux faire connaître ses services (p. ex., le CCDA), ses résultats et ses réussites en ciblant :

- a. la communauté astronomique canadienne;
- b. les intervenants internationaux:
- c. l'industrie;
- d. le grand public;
- e. les centres de recherche du CNRC.

### **Recommandation 3**

Les Services du savoir, de l'information et des technologies (SSIT) du CNRC devraient suggérer des options concrètes pour fournir au Centre de recherche des services et des solutions infotechnologiques adaptées, souples et appropriées, en tenant compte des ressources disponibles et de la centralisation des services infotechnologiques à l'échelle de l'administration fédérale.

### Recommandations et justifications

### Augmenter la diversité

La plupart des groupes visés par l'équité en matière d'emploi sont sous-représentés dans l'effectif du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique, y compris les femmes à des postes de cadres intermédiaires et dans la haute direction. Le CEP a recommandé d'améliorer la diversité de l'effectif au moment de combler les postes laissés vacants par les départs à la retraite et a suggéré au Centre de recherche de tenter d'attirer des talents diversifiés de très bonne réputation pour doter les postes de haut niveau.

### Recommandation 4

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique devrait concevoir et mettre en place un plan stratégique visant l'EDI, qui est axé sur l'excellence en recherche, l'engagement d'étudiants, l'élimination des obstacles qui empêchent les femmes, et les groupes minoritaires, d'accéder aux postes de direction, et qui privilégie l'autonomisation des communautés autochtones locales plutôt que la consultation.

### Mentorat et perfectionnement en début de carrière

Le CEP a suggéré que le Centre de recherche pourrait être davantage proactif et efficace sur le plan du mentorat et de l'avancement professionnel pour son personnel et la communauté astronomique canadienne. Il pourrait notamment collaborer avec les universités pour s'assurer d'offrir des services appropriés de mentorat et d'avancement professionnel aux étudiants qu'il engage. Le Centre de recherche pourrait devenir un chef de file du perfectionnement professionnel des chercheurs en début de carrière au Canada.

#### **Recommandation 5**

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique devrait élaborer une stratégie de mentorat et d'avancement professionnel à l'intention des chercheurs en début de carrière, des étudiants et des femmes qui occupent des postes professionnels et semi-professionnels.



### **Recommandation 1**

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique devrait mettre à jour son plan stratégique pour qu'il tienne compte du PLT 2020 et des plus récents développements des projets TMT et SKA.

Réponse de la direction	Responsable(s) proposé(s)	Indicateurs de réussite	Date d'achèvement prévue
Réponse: Recommandation acceptée  Mesure: Le Centre de recherche mettra à jour son plan stratégique 2019-2024 pour tenir compte des constatations et des recommandations qui découlent du Plan à long terme 2020 de la Société canadienne d'astronomie et du rapport intitulé 2020 US Decadal Survey afin de réaligner ses activités et ses priorités, s'il y a lieu, pour assurer qu'elles demeurent pertinentes aux yeux des intervenants et pour renforcer son engagement à l'égard de l'excellence en recherche.	Directeur général, Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique	<ol> <li>Analyse terminée des rapports PLT 2020 et Astro 2020.</li> <li>Consultations menées auprès des principaux intervenants.</li> <li>Mise à jour du plan stratégique effectuée.</li> </ol>	Août 2022

#### **Recommandation 2**

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique devrait élaborer une stratégie pour accroître la mobilisation et mieux faire connaître ses services (p. ex., le CCDA), ses résultats et ses réussites en ciblant :

- a. la communauté astronomique canadienne;
- b. les intervenants internationaux:
- c. l'industrie;
- d. le grand public;
- e. les centres de recherche du CNRC.

Réponse de la direction	Responsable(s) proposé(s)	Indicateurs de réussite	Date d'achèvement prévue
Réponse: Recommandation acceptée  Mesure: Le Centre de recherche et la Direction des communications du CNRC concevront ensemble chaque année un plan de communication. Nous recentrerons ce plan pour y intégrer intégralement cette recommandation, et nous demanderons des ressources additionnelles pour réaliser ce plan considérant que le Centre de recherche dispose de beaucoup moins de ressources dédiées aux communications par rapport à d'autres organisations d'astronomie de taille similaire ou de moins d'envergure.	Directeur de la R-D, Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique	<ol> <li>En consultation avec la Direction des communications du CNRC, déterminer les messages clés et les approches appropriées pour rejoindre les publics cibles identifiés.</li> <li>Discussions tenues avec la Direction des communications du CNRC sur l'attribution de ressources additionnelles.</li> <li>Nouveau plan prêt à être mis en œuvre en fonction des priorités et des ressources disponibles.</li> </ol>	Avril 2022

### **Recommandation 3**

Les Services du savoir, de l'information et des technologies (SSIT) du CNRC devraient suggérer des options concrètes pour fournir au Centre de recherche des services et des solutions infotechnologiques adaptées, souples et appropriées, en tenant compte des ressources disponibles et de la centralisation des services infotechnologiques à l'échelle de l'administration fédérale.

Réponse de la direction	Responsable(s) proposé(s)	Indicateurs de réussite	Date d'achèvement prévue
Réponse: Recommandation acceptée  Mesure: Cette recommandation concerne un problème associé aux services et aux solutions infotechnologiques rencontré dans l'ensemble du CNRC. Par le truchement de son programme Mercury, les SSIT s'appliquent à régler ces défis liés aux infotechnologies signalés dans l'ensemble du CNRC, y compris ceux rencontrés à HAA. Les SSIT ont déjà amorcé le dialogue avec HAA pour cerner les obstacles et les lacunes sur le plan des infotechnologies qui nuisent à la recherche. Ils étudient présentement plusieurs solutions avec HAA.	Dirigeant principal de l'information, Services du savoir, de l'information et des technologies	<ol> <li>Les SSIT ont collaboré avec HAA afin de mieux comprendre ses besoins et ses problèmes liés aux TI.</li> <li>Les SSIT ont conçu un plan infotechnologiques en consultation avec HAA pour répondre aux besoins de la recherche. Les solutions énoncées dans le plan tiennent compte de la disponibilité des ressources pour les SSIT et du programme Mercury pour soutenir les TI requises pour appuyer la recherche au CNRC.</li> </ol>	Mars 2022

### **Recommandation 4**

Le Centre de recherche HAA devrait concevoir et mettre en place un plan stratégique visant l'EDI, qui est axé sur l'excellence en recherche, l'engagement d'étudiants, l'élimination des obstacles qui empêchent les femmes et les groupes minoritaires d'accéder aux postes de direction, et qui privilégie l'autonomisation des communautés autochtones locales plutôt que la consultation.

Réponse de la direction	Responsable(s) proposé(s)	Indicateurs de réussite	Date d'achèvement prévue
Réponse: Recommandation acceptée  Mesure: Le Centre de recherche concevra et mettra en place un plan stratégique visant l'EDI dont l'élément principal repose sur la reconnaissance du fait que la diversité est une source d'excellence en recherche.	Directeur de la R-D, Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique	<ol> <li>Sondage sur l'inclusion mené au Centre de recherche HAA.</li> <li>La première ronde de consultations avec les intervenants et les communautés locales est terminée.</li> <li>Plan conçu et mis en œuvre.</li> <li>Les enseignements traditionnels autochtones de la région sont inclus dans les activités de vulgarisation menées conjointement, et des membres des communautés, plus particulièrement des étudiants, ont accès à des occasions de formation.</li> <li>L'écart dans la représentation des minorités visibles au sein de l'effectif s'est considérablement réduit, et la diversité s'est accrue au sein des comités d'embauche et des bassins de candidats.</li> </ol>	Mesures 1, 2 et 3: avril 2022  Mesures 4 et 5: décembre 2023

### **Recommandation 5**

Le Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique devrait élaborer une stratégie de mentorat et d'avancement professionnel à l'intention des chercheurs en début de carrière, des étudiants et des femmes qui occupent des postes professionnels et semi-professionnels.

Réponse de la direction	Responsable(s) proposé(s)	Indicateurs de réussite	Date d'achèvement prévue
Réponse: Recommandation acceptée  Mesure: Le programme de mentorat du CNRC est ouvert à tous les employés de tous les niveaux, de toutes les fonctions et des divers bureaux du CNRC répartis au pays. Le programme permet de mettre en relation des mentors et mentorés concernant un large éventail de sujets, notamment le perfectionnement professionnel, l'équilibre entre la vie professionnelle et la vie personnelle, et l'acquisition de nouvelles compétences en leadership. Le Centre de recherche fera mieux connaître ce programme au sein de son effectif et il encouragera la participation des mentors et des mentorés à tous les niveaux. Il consultera les chercheurs en début de carrière, les étudiants et les femmes qui occupent des postes professionnels et semi-professionnels, et il demandera conseil au réseau des chercheurs en début de carrière (RCDC) du CNRC afin de créer des occasions dans la région au besoin.	Directeur de la R-D, Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique	<ol> <li>Les cadres supérieurs du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique sont fortement encouragés à participer au programme de mentorat du CNRC à titre de mentors.</li> <li>Les mentors ont suivi la formation ciblée.</li> <li>Toutes les femmes qui occupent des postes professionnels et semi-professionnels, les chercheurs en début de carrière et les étudiants sont fortement encouragés à participer au programme de mentorat du CNRC.</li> <li>Augmentation des occasions à l'échelle locale au besoin dans le cadre du programme de mentorat du CNRC.</li> </ol>	Décembre 2022

Annexes • Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique



### Annexe A – Méthodologie

#### **Examen des documents**



Des documents internes et de l'extérieur ont été étudiés en vue d'une mise en contexte et pour servir de complément à d'autres sources de données afin d'évaluer la pertinence et le rendement du Centre de recherche. Parmi les documents internes, il y avait le modèle logique du Centre de recherche, des plans opérationnels et stratégiques, des rapports ministériels, le mandat de la Commission consultative et des présentations, des rapports d'examen d'installation et des documents sur la hiérarchisation des projets. Parmi les documents de l'extérieur, il y avait de l'information sur les sites Web, les accords de contribution concernant les télescopes et des documents concernant les priorités gouvernementales.

#### Examen de données

Les données administratives et sur le rendement du Centre de recherche couvrant la période de 2016-2017 à 2020-2021 ont été examinées afin d'obtenir de l'information sur les intrants des programmes (c'est-à-dire, les ressources), sur leurs extrants et sur la mobilisation de la clientèle. Cela englobait les indicateurs de rendement clés, les données financières, sur les ressources humaines, sur les projets et sur les clients.

### Sondage auprès d'astronomes et d'astrophysiciens canadiens



Un sondage en ligne a été mené auprès d'astronomes et d'astrophysiciens canadiens afin d'évaluer la mesure selon laquelle les activités et les objectifs du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique ont répondu aux besoins de la communauté astronomique canadienne; la capacité du Centre de recherche à assurer l'accès aux télescopes nationaux et internationaux et au soutien à la recherche; et les impacts scientifiques découlant de l'accès aux télescopes et du soutien à la recherche.

Le sondage a ciblé les membres des universités affiliées à ACURA ou du Centre de recherche en astrophysique du Québec (CRAQ); les chercheurs canadiens qui ont présenté une demande de temps d'observation dans les observatoires canadiens (OFR, OFA) ou avec les télescopes internationaux (TCFH, Gemini, ALMA); ainsi que les chercheurs qui ont utilisé les données du CCDA depuis 2016.

Des invitations à répondre au sondage ont été envoyées à 767 personnes. Au total, 133 répondants ont participé au sondage, ce qui représente un taux de réponse de 17 %.

### Annexe A – Méthodologie

## Groupes de discussion et entretiens avec des personnes à l'interne



Des groupes de discussion et des entretiens ont été organisés, permettant de rejoindre au total 28 personnes, afin de recueillir des renseignements et notamment des récits d'expériences personnelles, des opinions et des connaissances d'experts concernant la pertinence, la mobilisation, les ressources, l'excellence scientifique et la réalisation des résultats attendus du Centre de recherche.

Les groupes de discussion ont réuni les directeurs du Centre de recherche et le responsable du CCDA (n=6), la Commission consultative du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique (n=6), les chercheurs et les techniciens (n=5), les étudiants et les boursiers postdoctoraux (n=5). Les entretiens ont été réalisé avec le directeur général du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique, le vice-président des Technologies émergentes et d'autres personnes clés à l'interne (n=6).

Cette information a été utilisée en complément à d'autres sources de données et pour mettre en contexte les données quantitatives recueillies.

### Entretiens avec des personnes de l'extérieur

Des entretiens ont été organisés avec des personnes de l'extérieur pour recueillir des données qualitatives concernant la pertinence, la mobilisation, les installations, l'excellence scientifique et la réalisation des résultats attendus du Centre de recherche.

On a réalisé un total de 16 entretiens auprès d'intervenants de l'extérieur, y compris des universités (n=9), des partenaires de l'industrie (n=2), d'autres ministères ou organismes fédéraux (n=2) et des directeurs de télescope (n=3).

Les renseignements recueillis dans le cadre des entretiens ont permis la mise en contexte des données et ont été utilisés en complément à d'autres sources de données.

### Comité d'examen par les pairs



Un comité d'examen par les pairs s'est réuni pour évaluer la pertinence, la mobilisation des intervenants, et l'excellence scientifique du Centre de recherche. Le comité était composé de six membres possédant une expertise en astronomie et en astrophysique (voir l'annexe C pour consulter les biographies des membres du CEP).

Le Comité était notamment formé de représentants d'universités, d'organisations de recherche et d'industries nationales et internationales. Afin d'assurer l'objectivité et d'éviter les conflits d'intérêts, les membres du CEP ont signé des ententes relatives à la confidentialité et aux conflits d'intérêts.

Les membres du CEP ont examiné des documents clés du Centre de recherche, les constatations préliminaires de l'évaluation et les rapports d'examen d'installation avant de participer à quatre séances d'examen virtuelles. Ces séances ont comporté des présentations numériques et par affiches animées par le Centre de recherche, une séance avec un étudiant et des discussions avec le directeur général et la haute direction du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique.

À partir des documents examinés et des séances virtuelles, le CEP a préparé un rapport qui aborde chacun des aspects soumis à l'évaluation. Ce rapport a servi de source de données pour produire l'ensemble des constats d'évaluation.

### Annexe A – Méthodologie

### Limites et stratégies d'atténuation

Même si l'évaluation s'est heurtée à quelques défis, dans la mesure du possible, on a atténué les limites de la méthodologie par l'utilisation de plusieurs sources de données et par la triangulation des données. Cette approche a été adoptée pour établir la fiabilité et la validité des constatations et pour veiller à ce que les conclusions et les recommandations reposent sur des preuves objectives et documentées. Les renseignements détaillés sur les limites et les stratégies d'atténuation connexes sont fournis ci-dessous.

### Faible taux de réponse au sondage en ligne

En règle générale, on associe un taux de réponse plus élevé à un biais de non-réponse plus faible (c.-à-d., un biais des statistiques lorsque les répondants diffèrent des non-répondants), à une plus grande généralisabilité (c.-à-d., mesure selon laquelle les répondants peuvent être comparés avec la population d'intérêt) et à une plus grande fiabilité statistique pour tirer des conclusions. Le taux de réponse au sondage en ligne était de 17 %, ce qui est considéré comme bas, mais statistiquement valide. Avec un niveau de confiance de 95 %, cela laisse une marge d'erreur de 7 %. La marge d'erreur acceptable acceptée par la plupart des enquêteurs se situe entre 4 et 8 % à un niveau de confiance de 95 %\*. Par conséquent, les résultats sont valides, mais ils ne peuvent pas être généralisés à l'ensemble de la population d'astronomes et d'astrophysiciens canadiens.

#### **Atténuation**

Pour atténuer ce faible taux de réponse au sondage, aucune constatation ne repose uniquement sur les résultats du sondage. Les résultats du sondage ont été examinés en tenant compte des constats dégagés d'autres sources de données afin de renforcer la validité de l'ensemble des constats d'évaluation.

### Disponibilité des participants au groupe de discussion

Certains participants au groupe de discussion interne n'ont pas été en mesure de participer à la séance virtuelle en raison d'un conflit d'horaire.

#### **Atténuation**

Les participants au groupe de discussion interne qui n'ont pas été en mesure de participer à la séance virtuelle ont été invités à soumettre leurs réponses aux questions par écrit. Trois participants ont soumis leurs réponses par écrit.

### Absence du point de vue autochtone

Pendant l'évaluation, on a examiné la mobilisation auprès des communautés autochtones, effectuée par le Centre de recherche, mais aucun Autochtone n'a été interrogé. Par conséquent, les constatations qui portent sur les relations qu'entretient le Centre de recherche avec les communautés autochtones de la région ne rendent compte que du point de vue du Centre de recherche, des intervenants de l'extérieur et des membres du CEP

#### **Atténuation**

L'équipe d'évaluation a réalisé des entretiens auprès du personnel interne, des membres du personnel du CNRC qui agissent à titre d'agents de liaison entre le Centre de recherche et les communautés autochtones de la région et d'autres intervenants de l'extérieur.

<sup>\*</sup> Source: Margin of Error and sample Size Calculator. https://www.pollfish.com/margin-of-error-calculator/

### Annexe B — Membres du comité d'examen par les pairs



### Carole Jackson, Ph. D. (présidente du comité)

Carole Jackson, Ph. D., est l'ancienne directrice générale britannique/australienne d'ASTRON, l'Institut néerlandais de radioastronomie établi à Dwingeloo, aux Pays-Bas. Experte en radioastronomie et technologie extragalactiques et en gestion de la recherche, elle a acquis son expérience en travaillant dans les secteurs du commerce, de l'industrie et de la recherche. Tout en travaillant pour CSIRO Astronomy and Space Science (2003-2013), madame Jackson a dirigé la conception et la livraison des 36 antennes qui constituent l'élément central du télescope d'exploration australien SKA (ASKAP). Elle œuvre depuis longtemps à la réalisation du projet de radiotélescope international Square Kilometre Array (SKA) dans le cadre duquel elle a travaillé en étroite collaboration avec le gouvernement australien et, plus récemment, avec le gouvernement néerlandais à la préparation de leurs analyses de rentabilisation en vue d'investir dans le projet SKA.



### Stefi Baum, Ph. D.

Stefi Baum, Ph. D., est présentement en congé sabbatique de sa fonction de doyenne de la faculté des sciences de l'Université du Manitoba et de son poste de professeur de physique et d'astronomie, qu'elle occupe depuis le 1er octobre 2014. Avant d'occuper ces fonctions à l'Université du Manitoba, elle a été pendant 10 ans directrice et professeure au Chester F. Carlson Center for Imaging Science du Rochester Institute of Technology (RIT). Auparavant, madame Baum a été durant près de deux ans membre de la diplomatie scientifique à l'Institute of Physics du département d'État américain où elle a œuvré à l'avancement des sciences agronomiques et de la sécurité alimentaire dans les pays développés et en développement.



### Mark Bentum, Ph. D.

Mark Bentum, Ph. D., a obtenu son doctorat de l'université de Twente, Enschede, Pays-Bas, en 1995. En 1996, il a rejoint la Netherlands Foundation for Research in Astronomy (ASTRON). De 2005 à 2008, M. Bentum était responsable de la construction du premier radiotélescope logiciel au monde, LOFAR (Low Frequency Array). En 2008, il occupe un poste de professeur agrégé au sein du groupe d'ingénierie des télécommunications à l'université de Twente. De décembre 2013 à septembre 2017, il a aussi été directeur du programme de génie électrique à l'université de Twente. En 2017, M. Bentum devient professeur titulaire en radiotechnique à l'université de technologie Eindhoven, où il participe à la recherche et à l'enseignement de cette discipline. Présentement, ses travaux de recherche portent sur la radioastronomie, la radiocommunication de faible portée, l'innovation des technologies du récepteur (par exemple, dans le domaine de la radioastronomie), la modélisation des voies, l'atténuation de l'interférence, les réseaux de capteurs et l'aérospatiale. Depuis 2020, il dirige le service Astronomy & Operations chez ASTRON.

### Annexe B — Membres du comité d'examen par les pairs



### Makenzie Lystrup, Ph. D.

En sa qualité de vice-présidente et directrice générale du programme Civil Space, Mackenzie Lystrup, Ph. D., est responsable du portefeuille des systèmes spatiaux civils de la société Ball Aerospace, ce qui comprend la réalisation des objectifs des programmes scientifiques, de prévision météorologique opérationnelle et d'observation de la Terre, et de développement de technologies de pointe. Mme Lystrup s'est jointe à l'organisation des opérations stratégiques de Ball Aerospace en janvier 2013, établie à Washington, D.C. Elle y occupait récemment le poste de directrice principale, Civil Space Advanced Systems and Business Development. Auparavant, elle travaillait à la Chambre des représentants des États-Unis en tant que membre du comité Congressional Science & Technology Policy. Pendant son mandat, elle a géré un dossier de questions allant de la technologie à la protection de la vie privée, en passant par la défense nationale, l'énergie nucléaire et la non-prolifération des armes nucléaires. En 2019, Mme Lystrup a été élue parmi les membres de l'American Association for the Advancement of Science grâce à sa carrière menée avec brio dans les domaines de la science planétaire et de l'astronomie infrarouge, de la politique scientifique, de la sensibilisation et grâce à son leadership en aérospatiale.



### Mark McKinnon, Ph. D.

Mark McKinnon, Ph. D., est le directeur adjoint des opérations menées au Nouveau-Mexique par l'Observatoire national de radioastronomie à Socorro, Nouveau-Mexique, aux États-Unis. Son département exploite et maintient les radiotélescopes du très grand réseau et du réseau d'antennes à très longue base. Il possède plus de 25 ans d'expérience en conception, en construction, en exploitation et en maintenance des vastes installations de radioastronomie au sol. M. McKinnon a occupé des postes de gestion de projet lors de la construction du télescope Green Bank, du réseau « VLA » étendu et du grand réseau millimétrique de l'Atacama. Il a aussi été à la tête du consortium sur les antennes paraboliques pour le projet Square Kilometer Array. Ses recherches portent notamment sur l'astrophysique, la polarimétrie et les statistiques relatives aux pulsars.



#### Suzanne Ramsay, Ph. D.

Suzanne Ramsay, Ph. D., est astronome, et elle travaille au siège de l'Observatoire européen austral (ESO) établi en périphérie de Munich, en Allemagne. Mme Ramsay est spécialiste des instruments optiques et à infrarouge au sol, et elle a fourni des instruments et des systèmes pour les télescopes UKIRT, Gemini et VLT. Elle est la gestionnaire aux instruments pour les très grands télescopes d'ESO en construction. À ce titre, Mme Ramsay est responsable de la livraison de la première série d'instruments pour le télescope de 39 mètres au sol, et elle assure la coordination avec le consortium de constructeurs d'instruments des États membres de l'ESO. Elle continue de s'intéresser à la recherche en astrophysique, plus particulièrement par la formation de jeunes étoiles et leur incidence sur leur environnement.

Annexe C – Modèle logique du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

Modèle logique du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique

6.1 D'importantes connaissances sont acquises au sujet de l'univers

6.2 Le Canada se hisse parmi les grands du monde dans le domaine de l'astronomie

5.1 Rétention d'un personnel hautement qualifié (PHQ) au Canada 5.2 Le Canada joue un rôle de premier plan dans les entreprises scientifiques internationales

5.3 Croissance de l'industrie canadienne issue des ventes, des contrats et des retombées technologiques Conditions clés pour l'atteinte de résultats escomptés.

- Services d'approvisionnement efficaces et opportuns.
- Soutien en GI-TI fiable et efficace.
- Infrastructure/installations à la fine pointe.
- Investissements fédéraux pour appuyer les observatoires internationaux qui reflètent les besoins de la communauté astronomique canadienne.
- Planification de la relève et recrutement.
- Services de SPC et services intégrés du CNRC efficaces, adaptés et souples.
- Réputation scientifique aux échelles nationale et internationale.
- Coordination des investissements fédéraux pour appuyer l'astronomie au Canada.

4.1 Les étudiants et les chercheurs postdoctoraux sont formés au moyen d'installations et de technologies de calibre mondial

3.2 Assistance fournie

aux astronomes

canadiens

4.2 Publication de travaux scientifiques ayant une grande incidence par les astronomes canadiens

4.3 Amélioration de la compétitivité de l'industrie canadienne par la participation à des contrats portant sur des télescopes 4.4 Collaborations de recherche accrues à l'échelle internationale pour les astronomes canadiens

3.1 Produits de données scientifiqu es

3.5 Des données de haute qualité sont produites pour les astronomes, les étudiants et les chercheurs postdoctoraux

3.3 Accès à des observatoires nationaux et internationaux (le temps d'observation canadien est attribué selon le mérite, en temps opportun)

3.4 Accès aux laboratoires, aux installations et aux instruments 3.6 Nouveaux instruments et nouvelles technologies pour les télescopes 3.7 Les avantages pour l'industrie canadienne

3.7.1 L'industrie canadienne a plus d'occasions de participer à des projets scientifiques poussés et de tirer profit de contrats

3.7.2 L'industrie
canadienne dispose
de nouvelles
capacités
technologiques ou
de capacités
technologiques
améliorées

3.8 Les intérêts du Canada dans les du cententes internationales sont reflétés dans les décisions du conseil, et les investissements sont gérés avec diligence gérés

3.9 La participation du Canada à l'élaboration des observatoires de prochaine génération est assurée

3.10
Sensibilisation
accrue du public
pour
comprendre la
science et
l'astronomie

2.1 Maintenir des capacités scientifiques, techniques et en ingénierie afin de prendre part à l'élaboration et à l'exploitation des observatoires dont se serviront les astronomes canadiens

2.5 Élaboration

canadien des données astronomiques — maintenir et traiter les archives du CCDA en

2.2 Centre

collaboration

avec SPC et le CC

2.3 Aider avec l'analyse des données d'observation et post-

observation

2.4 Fournir aux astronomes canadiens, y compris aux étudiants et aux chercheurs postdoctoraux, un accès aux observatoires nationaux et internationaux

2.4.1 Gérer le processus de répartition du temps pour les chercheurs canadiens aux observatoires nationaux et internationaux 2.4.2 Exploiter et entretenir les observatoires canadiens

d'instruments de pointe grâce aux projets de R-D avec le soutien scientifique des astronomes du Centre de recherche HAA

2.6 Transfert des connaissances et de la technologie à l'industrie canadienne 2.7.1
Administrer la part du Scient Canada dans

2.7.2 Participer aux rencontres scientifiques et de gouvernance concernant les télescopes 2.7.3 Donner des directives pour développer de nouvelles occasions dans le domaine des observatoires de prochaine

génération

2.7 Administration et gouvernance des ententes internationales actuelles et

futures sur les observatoires

2.7.4 Consulter la communauté astronomique canadienne 2.8 Sensibilisati on du public

1.1 Ressources financières du CNRC (services votés, paiements de transfert, autres revenus)

1.2 Employés du Centre de recherche HAA du CNRC  1.3 Infrastructures et équipements de recherche à grande échelle du Centre de recherche HAA du CNRC

1.4 Services intégrés du CNRC et soutien et ressources de SPC

les quatre

télescopes

 Étudiants, BPD, travailleurs invités, travailleurs bénévoles 1.6 Propriété intellectuelle



### Annexe D — Domaines d'expertise

### Services techniques et de R-D en astronomie

- · L'optique adaptative
- L'électronique numérique et analogique, le traitement des signaux
- · Le leadership scientifique pour les observatoires
- La fabrication et l'usinage
- · Le génie mécanique
- · Les technologies à l'échelle du millimètre
- · Le génie optique
- · La gestion de projets et l'ingénierie des systèmes
- La chaîne de signal radio, les récepteurs, les corrélateurs et les numériseurs
- · Les logiciels et les contrôles
- Comité canadien d'attribution de temps (CanTAC)
- Surveillance des conditions météorologiques dans l'espace
- Infrastructures informatiques scientifiques de pointe de grande envergure
- Gestion des données astronomiques : exploration, traitement, distribution et transfert de vastes ensembles de données astronomiques

### **R-D** scientifique

- Origines du système solaire
- · Systèmes planétaires
- · Structure galactique
- Évolution des galaxies
- Évolution de la structure
- Domaine temporel
- Champs magnétiques
- Univers à grands décalages

### Exploitation et soutien aux télescopes au sol

- OFA télescopes optiques de 1,8 m et de 1,2 m
- OFR télescope de 26 mètres, Synthesis, Solar, CHIME
- Grand réseau millimétrique et submillimétrique de l'Atacama (ALMA)
- · Observatoire Gemini
- Télescope Canada-France-Hawaï (TCFH)
- Comité canadien d'attribution de temps (CanTAC)

### Soutien scientifique aux télescopes spatiaux

- Télescope spatial James Webb (JWST)
- Cosmological Advanced Survey Telescope for Optical and UV Research (CASTOR)
- Télescope imageur ultraviolet (UVIT)

Sources: Examen de documents et examen par les pairs



### Annexe F — Installations canadiennes



Immeuble de bureaux du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique à l'OFA Source : Centre of the Universe



Installation du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique à

Sources: Examen de documents

#### Observatoire fédéral d'astrophysique

- Situé à Victoria, en Colombie-Britannique.
- Réalise des travaux de R-D technologique associés à l'instrumentation, à la conception d'installations et à des projets de construction pour les télescopes canadiens et internationaux actuels et futurs qu'il soutient.
- Offre des capacités en imagerie optique, en spectroscopie et en spectropolarimétrie.
- Comprend le télescope Plaskett de 1,8 m, le télescope de 1,2 m, ainsi que le CCDA.

#### Centre canadien de données astronomiques

- Mis sur pied en 1986, cet observatoire et centre d'archivage virtuel exploité sur le Web a fini par abriter certaines des collections de données astronomiques parmi les plus importantes à l'échelle mondiale, dont celles du Télescope Canada-France-Hawaï (TCFH), de l'observatoire Gemini et du télescope James-Clerk-Maxwell.
- Il fournit des infrastructures informatiques scientifiques de pointe de grande envergure et une expertise spécialisée en gestion et analyse des données astronomiques.

### Observatoire fédéral de radioastrophysique

- Situé à Penticton, en Colombie-Britannique.
- Offre des services scientifiques et techniques en soutien aux radiotélescopes nationaux et internationaux du Canada.
- Exploite plusieurs télescopes sur le vaste site à l'abri des ondes radio parasites.
- Comprend des laboratoires et de l'équipement spécialisé que l'on utilise pour concevoir et fabriquer des pièces d'instruments d'observation des radiofréquences allant des antennes et récepteurs les plus sensibles jusqu'au matériel informatique et aux logiciels qui traitent les signaux.
- Fournit des services scientifiques en appui aux projets de télescopes menés par les universités canadiennes, p. ex., dans le cadre de l'expérience canadienne de cartographie de l'intensité de l'hydrogène (CHIME).

### Annexe E — Installations internationales



Radiotélescope de l'ALMA Source : ALMA (ES/NAOJ/NRAO), Adhemar Duro



Observatoires Gemini Source : NoirLab



Télescope TCFH
Source : Télescope Canada-France-Hawaï

# Grand réseau millimétrique et submillimétrique de l'Atacama (ALMA)

- Installé sur le plateau Chajnantor, au Chili.
- L'ALMA est la plus grande installation terrestre jamais construite et le plus puissant télescope du monde consacré à l'étude de l'Univers dans les longueurs d'ondes millimétriques et submillimétriques.
- Le CNRC a contribué à la conception technique de plusieurs pièces du télescope de l'ALMA.

### Télescope Canada-France-Hawaï

- Installé sur le Mauna Kea, à Hawaï.
- La gouvernance et l'exploitation du télescope sont assurées conjointement par le CNRC, le Centre national de la recherche scientifique de France et l'université d'Hawaï.
- Bien que les principaux utilisateurs du TCFH proviennent du Canada, de la France et d'Hawaï, des astronomes ont également accès au télescope en vertu d'accords de collaboration signés avec l'Europe, Taïwan, le Brésil, la Corée du Sud et la Chine.

#### **Observatoire Gemini**

- Le Canada compte parmi les six pays membres réunis par un partenariat international pour la construction et l'exploitation de l'Observatoire Gemini, composé de deux télescopes optiques/infrarouges de 8,1 m.
- Un télescope est situé sur le Mauna Kea, à Hawaï (Gemini Nord), et le deuxième, sur le Cerro Pachón, au Chili (Gemini Sud).
- Le CNRC facilite l'accès à l'Observatoire pour les astronomes canadiens, et il participe à des projets de recherche collaborative avec le milieu universitaire et d'autres partenaires.

**Sources**: Examen de documents

### Annexe E — Installations en construction



Rendu des antennes paraboliques du SKA Source : Organisation du SKA

### Radiotélescope SKA (Square Kilometre Array)

- Le projet Square Kilometre Array (SKA) est une collaboration internationale pour construire le plus grand radiotélescope du monde. Le SKA surveillera le ciel avec des détails sans précédent et le cartographiera des centaines de fois plus rapidement que toute autre installation actuelle.
- Les scientifiques, ingénieurs et industries canadiens ont participé à la conception du SKA depuis ses débuts il y a plus de 20 ans, et le SKA est la deuxième priorité de l'astronomie au sol dans le PLT 2020 pour l'astronomie et l'astrophysique.
- Le Canada a dirigé la conception des processeurs de signaux numériques au cœur des réseaux de télescopes.



Rendu du TMT Source : Observatoire international du TMT

### Télescope de trente mètres (TMT)

- TMT est un très grand télescope dont le miroir principal a un diamètre de 30 mètres. TMT sera trois fois plus vaste, et couvrira une surface neuf fois plus grande, par rapport aux plus grands télescopes à lumière visible de la planète.
- Le TMT procurera des images plus de 12 fois plus précises que celles acquises par le télescope spatial Hubble.
- Observant en longueurs d'onde allant de l'ultraviolet à l'infrarouge moyen, cet instrument permettra aux astronomes de répondre à des questions fondamentales en astronomie, soit de comprendre la formation d'une étoile et d'une planète, et d'éclaircir l'histoire des galaxies et le développement d'une structure de grande envergure dans l'univers.

Sources: Examen de documents