

L'astronomie genevoise au centre des mondes habitables  
*Valorisation du Prix Nobel de Physique 2019*



UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE



Université de Genève, Faculté des sciences  
Département d'astronomie  
Observatoire de Genève  
Chemin Pegasi 51  
1290 Versoix  
[www.unige.ch/sciences/astro/fr](http://www.unige.ch/sciences/astro/fr)



• 51 Pegasi



*Remise du Prix Nobel  
à Michel Mayor  
par le Roi de Suède.*



*Remise du Prix Nobel  
à Didier Queloz  
par le Roi de Suède.*

# Préface

*Recherchée pendant la plus grande partie du XX<sup>e</sup> siècle, la confirmation de l’existence d’une première « exoplanète » a révolutionné l’astronomie en ouvrant une nouvelle ère.*

*Depuis la découverte de 51 Pegasi b par Michel Mayor et Didier Queloz, en 1995, plus de 5000 exoplanètes ont été identifiées, dont un nombre important par des chercheurs et chercheuses de l’Université de Genève.*

La portée scientifique de cette découverte et le développement de la recherche qu’elle a entraîné a été reconnue par l’attribution du Prix Nobel de Physique 2019 à Michel Mayor et Didier Queloz. Si cette distinction nous honore, elle nous oblige – dans le sens le plus noble du terme – à perpétuer l’excellence et le leadership de l’astronomie genevoise par le développement de projets qui s’inscrivent dans la continuité de ces deux carrières exceptionnelles.

Les connaissances acquises ces vingt dernières années permettent aujourd’hui d’ouvrir une nouvelle ère de recherche, pour interroger et étudier les origines de la vie dans l’Univers. En effet, la réponse à ces questions ne relève plus de la spéculation mais de la capacité de différentes disciplines des sciences physiques et de la vie de penser de manière transversale et de transcender leurs propres frontières. La création du **Centre de recherche sur la Vie dans l’Univers (CVU)**



permettra d'élargir les domaines de compétences par la création de deux chaires interdisciplinaires dans des thématiques centrales à la recherche sur l'origine de toute forme de vie.

Soucieuse de longue date du partage des savoirs, l'Université de Genève souhaite se doter d'un centre d'accueil des visiteurs, **le Centre 51 Peg**, réunissant sous un même toit des scientifiques, des étudiant-e-s et le grand public. Sa principale mission sera celle d'un centre de médiation scientifique, engagé

dans des activités de transmission des connaissances, de sensibilisation et d'engagement en faveur des sciences naturelles, soit de la physique, des mathématiques et de l'informatique. Vu l'enthousiasme populaire pour l'astronomie, la recherche menée à l'Observatoire se prête particulièrement à la sensibilisation du grand public aux enjeux technologiques et scientifiques, mais aussi philosophiques, que l'astronomie contemporaine met précisément en lumière.

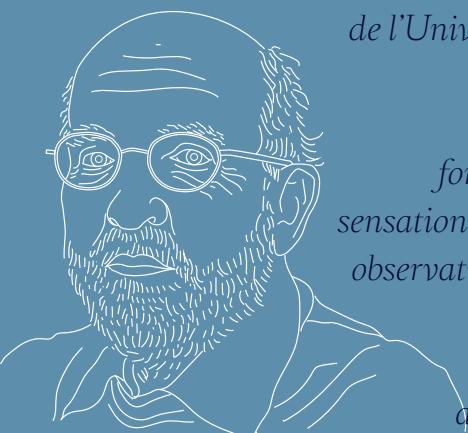
Alors que l'Observatoire fête ses 250 ans, ces deux projets ambitieux et complémentaires participeront à l'indispensable développement de la recherche en astronomie pour assurer son rayonnement au-delà du Prix Nobel 2019.

*Yves Flückiger  
Recteur de l'Université de Genève*



51 PEG

# De la découverte de la première exoplanète au Prix Nobel



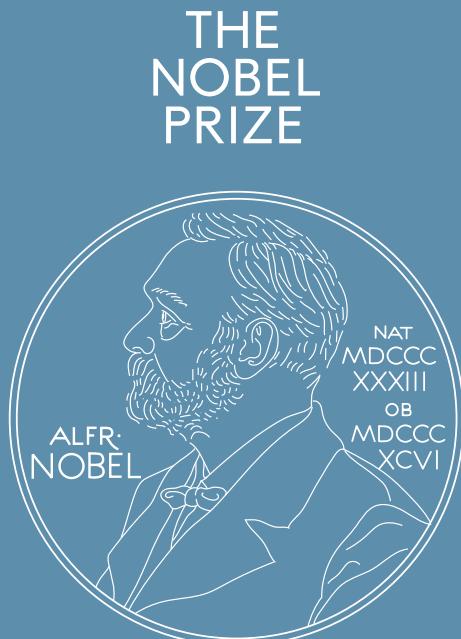
*En 1995, deux astronomes suisses de l'Université de Genève, Michel Mayor et Didier Queloz, font une découverte sensationnelle: la première observation d'une planète orbitant autour d'une étoile autre que le Soleil. Cette première exoplanète gravite autour de l'étoile 51 Pegasi, située à une distance d'environ 51 années-lumière du Soleil, dans la direction de la constellation boréale de Pégase.*

La réputée 51 Pegasi b, une sphère gazeuse comparable à Jupiter, la plus grande planète gazeuse du système solaire, a ouvert la voie à la découverte de plus de 5000 exoplanètes, qui représentent autant de mondes nouveaux à explorer. Depuis lors, les scientifiques ont révisé leurs théories sur les processus physiques à l'origine des planètes et les découvertes successives sont en train de changer notre perception du monde.

Le 8 octobre 2019, Michel Mayor et Didier Queloz se voient décernés le Prix Nobel de Physique, la récompense scientifique la plus prestigieuse qui honore autant l'excellence de leurs travaux de recherche que l'Université de Genève et la Suisse qui les ont soutenus tout au long de leurs carrières respectives.

Ce fut là le premier prix Nobel pour des chercheurs de l'Université de Genève. Henry Dunant avait ouvert la voie dès 1901, avec le Prix Nobel de la Paix.

# L'astronomie genevoise une place au firmament de la science



*Par sa renommée internationale, mise en lumière de manière magistrale par l'obtention du Prix Nobel, le Département d'astronomie est aujourd'hui l'une des vitrines principales de l'Université de Genève et de l'excellence scientifique suisse. Le long travail effectué par Michel Mayor menant à la découverte de 1995 et l'investissement massif des chercheurs et chercheuses qu'il a su entraîner dans son sillage ont fait de Genève la référence pour la recherche sur les exoplanètes.*

S'appuyant sur une recherche d'excellence, ce leadership se mesure aussi à sa capacité de concevoir des instruments de grande précision pour équiper les plus grands télescopes du monde et de piloter CHEOPS, le premier télescope spatial suisse, depuis le Département d'astronomie. Cette première mission spatiale largement conçue en Suisse, n'a plus pour mission de trouver de nouvelles planètes hors de notre système, mais de caractériser certaines de celles qui sont déjà connues. Une étape incontournable dans l'exploration d'une possible vie extraterrestre.

Pour valoriser cette récompense exceptionnelle et rester un leader incontesté dans un domaine scientifique extrêmement compétitif, l'Université de Genève souhaite développer deux projets d'envergure avec un double objectif:

- investir dans une recherche de pointe sur les possibles formes de vie dans l'Univers par la création d'un Centre de recherche sur la Vie dans l'Univers et
- offrir un centre de médiation scientifique au grand public sur le site de l'Observatoire à Sauverny, le Centre 51 Peg.

# Centre de recherche sur la Vie dans l'Univers (CVU)

*Origine et  
prévalence de la vie  
– de la Terre  
à l'Univers*

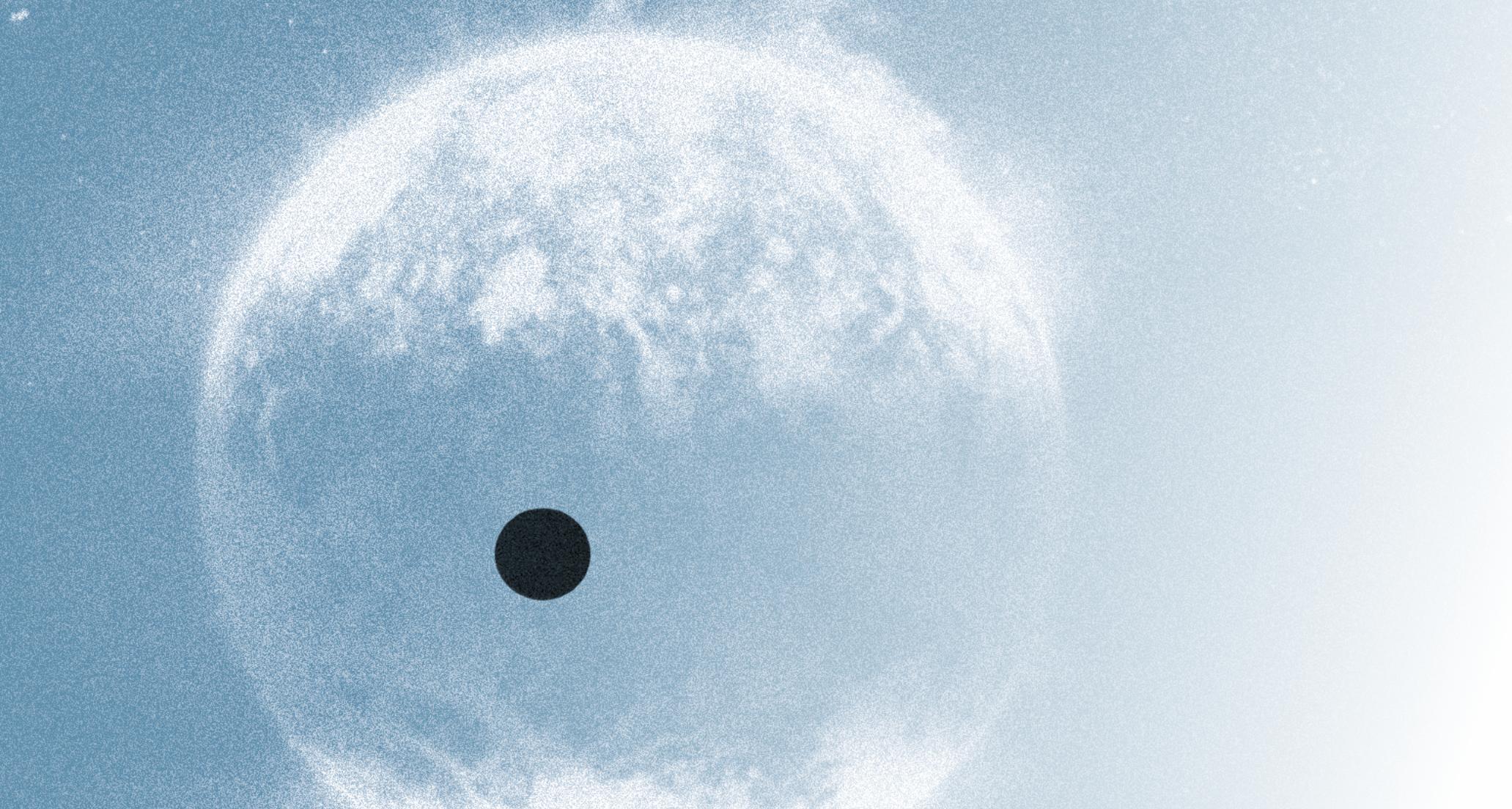
« Ce n'est pas seulement le nombre des atomes, c'est celui des mondes qui est infini dans l'univers. Il y a un nombre infini de mondes semblables au nôtre et un nombre infini de mondes différents.

*Toujours en vertu de cette infinité en nombre, la quantité d'atomes propres à servir d'éléments, ou, autrement dit, de causes, à un monde, ne peut être éprouvée par la constitution d'un monde unique, ni par celle d'un nombre fini de mondes, qu'il s'agisse d'ailleurs de tous les mondes semblables au nôtre ou de tous les mondes différents. Il n'y a donc rien qui empêche l'existence d'une infinité de mondes. »*

*Épicure, « Lettre à Hérodote »*



*Une impression d'artiste  
du système planétaire TRAPPIST-1:  
L'étoile TRAPPIST-1 abrite le plus grand groupe  
de planètes de la taille de la Terre jamais trouvé en  
dehors de notre système solaire.*



*Vue d'artiste montrant  
un nuage géant d'hydrogène  
s'échappant d'une planète chaude  
de la taille de Neptune,  
à 97 années-lumière de la Terre.*

# Découvertes majeures pour un changement de paradigme

*Comment la vie a-t-elle émergé et comment s'est-elle diversifiée sur Terre?*

*L'Univers est-il plein de vie?*

*Quelle est la nature de la vie?*

*Comment peut-on détecter la vie ailleurs que sur Terre?*

*Au cours des dernières décennies, la réponse à certaines des questions les plus profondes de l'humanité, jusqu'alors purement spéculatives, est devenue une entreprise désormais réaliste qui galvanise les disciplines des sciences physiques et de la vie.*

Trois types de découvertes majeures sont à la source d'un changement de paradigme et ouvrent des voies nouvelles.

- La mise au jour de nouveaux réseaux de réactions chimiques permet d'établir les éléments à la base de la structure organique de la vie.
- L'exploration de notre système solaire est en train de transformer notre compréhension des environnements planétaires.
- Les découvertes d'une multitude de planètes en orbite autour d'étoiles (exoplanètes) pousse la recherche à repenser la place de la Terre dans l'Univers et à examiner les processus qui ont rendu possible une planète propice à la vie.

Pour aller de l'avant, il faut désormais développer la capacité de penser de manière transversale entre plusieurs disciplines et transcender les frontières et les cultures scientifiques conventionnelles pour comprendre les origines et la répartition de la vie dans l'Univers. L'obtention en 2019 du Prix Nobel de physique, le succès du Pôle de Recherche National (PRN) PlanetS, la thématique porteuse de la vie dans l'univers auprès du public et la présence à Genève des compétences nécessaires pour dépasser une approche purement astronomique de cette question, forment un terreau riche pour le succès de ce centre.

# Création d'un centre de compétences pluridisciplinaires

*La recherche de la vie dans l'Univers se trouve au point de convergence de l'astronomie, de la chimie, de la physique, de la biologie et des sciences de la Terre et du climat. La création d'un centre de compétences pluridisciplinaires vise à synthétiser dans la pratique une approche transdisciplinaire cohérente en tirant parti de plusieurs percées récentes et simultanées en astronomie, en planétologie, en chimie moléculaire et en biologie, pour relever l'un des plus grands défis transdisciplinaires de notre époque.*

## Les objectifs du CVU

- Mener des projets interdisciplinaires sur l'origine de la vie sur Terre et sur la recherche de la vie dans notre système solaire et dans les systèmes exoplanétaires.
- Atteindre – d'ici 5 ans – une taille critique pour devenir incontournable sur la scène internationale.
- Renforcer la visibilité de Genève au niveau national et international sur la thématique de la vie dans l'Univers, en collaboration avec le futur Swiss Institute for Planetary Science issu du PRN PlanetS et avec le nouveau centre sur l'origine et la prévalence de la vie à Zurich.

Neuf professeur·e·s de la Faculté des sciences sont d'ores et déjà engagés dans des projets interdisciplinaires entre les différents départements impliqués.

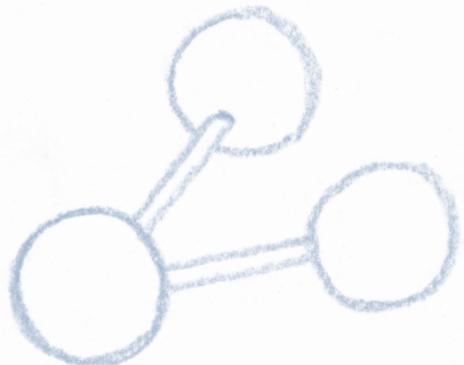
Le Centre pour la Vie dans l'Univers (CVU) s'est constitué dès 2021 par le lancement de 4 projets pilotes:

- La montée en puissance de la complexité moléculaire
- La multi-stabilité des climats et habitabilité
- L'évolution de la vie terrestre dans des conditions extraterrestres
- L'atmosphère comme miroir des processus géologiques

La question de la vie dans l'univers présente un intérêt tout particulier pour la culture générale et la culture scientifique des jeunes et du grand public. La présence dans le centre d'un expert sur l'enseignement des sciences permettra de créer un programme pédagogique sur le thème de la vie dans l'univers. Celui-ci sera mis en œuvre dans les écoles du canton et adapté pour figurer dans l'offre du Scienscope de la Faculté des sciences et du futur Centre 51 Peg.

Photo d'un tableau situé dans un bureau de l'observatoire.

# Des chaires scientifiques aux frontières du savoir



*Dans son ambition de se hisser parmi les meilleurs centres sur la vie dans l'Univers, l'Université de Genève doit renforcer les capacités de recherche par la création de deux chaires interdisciplinaires dans des thématiques centrales à la recherche sur l'origine de toute forme de vie. Une fois ces deux chaires établies, d'autres thématiques émergentes seront dotées d'une chaire professorale.*

## **1. Chaire « Biosphères (exo) planétaires »**

Le concept de biosignature\* et indissociable du phénomène des « faux positifs » : un gaz donné pourrait être généré non seulement par des processus de vie mais aussi par des processus géophysiques, chimiques ou photochimiques. Pour être en mesure d'identifier correctement une biosignature et ses faux positifs, il faut connaître et évaluer les facteurs clés qui influencent la composition atmosphérique d'une planète.

L'un de ces facteurs est l'interaction avec l'intérieur de la planète via le dégazage ou le volcanisme. Nous rechercherons un·e expert·e d'envergure internationale capable de relier les processus intérieurs et la composition aux propriétés atmosphériques des planètes. Cette chaire ouvrira de nouvelles collaborations entre les départements des sciences de la Terre et l'astronomie et profitera de l'expertise respective des deux départements.

## 2. Chaire «Apparition de la vie»

La question du commencement est intrinsèquement pluri-disciplinaire: comment les conditions initiales sur Terre et les minéraux résultant des interactions entre les roches, les fluides et les gaz ont-ils permis aux molécules simples d'être converties en éléments constitutifs de la vie - acides aminés, nucléotides et lipides - et comment cette complexité émergente a-t-elle donné naissance à la vie? Cette chaire permettra d'étudier cette question dans

une perspective interdisciplinaire axée sur l'interaction entre la géochimie et la chimie prébiotique afin d'identifier les conditions qui pourraient permettre l'émergence de la complexité moléculaire. Nous rechercherons un·e expert·e de niveau mondial en chimie organique et chimie prébiotique, qui bénéficiera de l'infrastructure du département de chimie organique et des collaborations existantes avec le Département des sciences de la Terre.

Les deux chaires seront mises au concours au niveau international pour attirer à Genève les meilleurs spécialistes dans un domaine hautement compétitif. Chaque chaire sera dotée d'un budget de démarrage de CHF 500 000. Au-delà de la phase de lancement, le centre ambitionne d'explorer les thématiques suivantes:

- Évolution exobiologique
- Océanographie extraterrestre
- Exochimie atmosphérique

\*Une biosignature est une trace chimique ou physique issue d'un processus dont la seule explication raisonnable est la présence, actuelle ou passée, d'une forme de vie. Elle peut être préservée dans le sol ou sous forme d'un gaz accumulé dans l'atmosphère.

# Bourses d'excellence – Michel Mayor Fellowship



*Développer des compétences dans une nouvelle approche de la recherche en astronomie demande le concours de la relève. Pour attirer des chercheurs et chercheuses post-doctorants particulièrement prometteurs, la Faculté des sciences lance, sous le patronage du Prix Nobel de Physique 2019, un programme de bourses d'excellence, les Michel Mayor Excellence Fellowships.*

Ce programme s'adresse à de jeunes chercheuses et chercheurs qui ont démontré leur excellence scientifique dès le début de leur carrière. Les bourses sont conçues comme un soutien précoce vers l'indépendance académique; la priorité sera donc donnée aux candidat·e·s qui proposent leur propre projet, et dont la recherche contribuera à accroître les compétences du CVU.

Travaillant au sein du Centre sur la Vie dans l'Univers, les lauréat·e·s développeront des recherches indépendantes et acquerront une

expérience qui lancera leur carrière en tant que futurs leaders de groupe. Les bénéficiaires de la bourse d'excellence bénéficieront d'un accès aux installations d'observation et de calcul, d'un encadrement en matière de recherche et de développement professionnel de la part du corps professoral du CVU.

La bourse est accordée dans le cadre d'un appel à projets. Au lancement de la période de financement, trois bourses seront disponibles chaque année, pour un séjour de recherche de trois ans.



# Le Centre 51 Peg - L'astrophysique à la portée de tous

## *Centre visiteurs et de médiation scientifique*

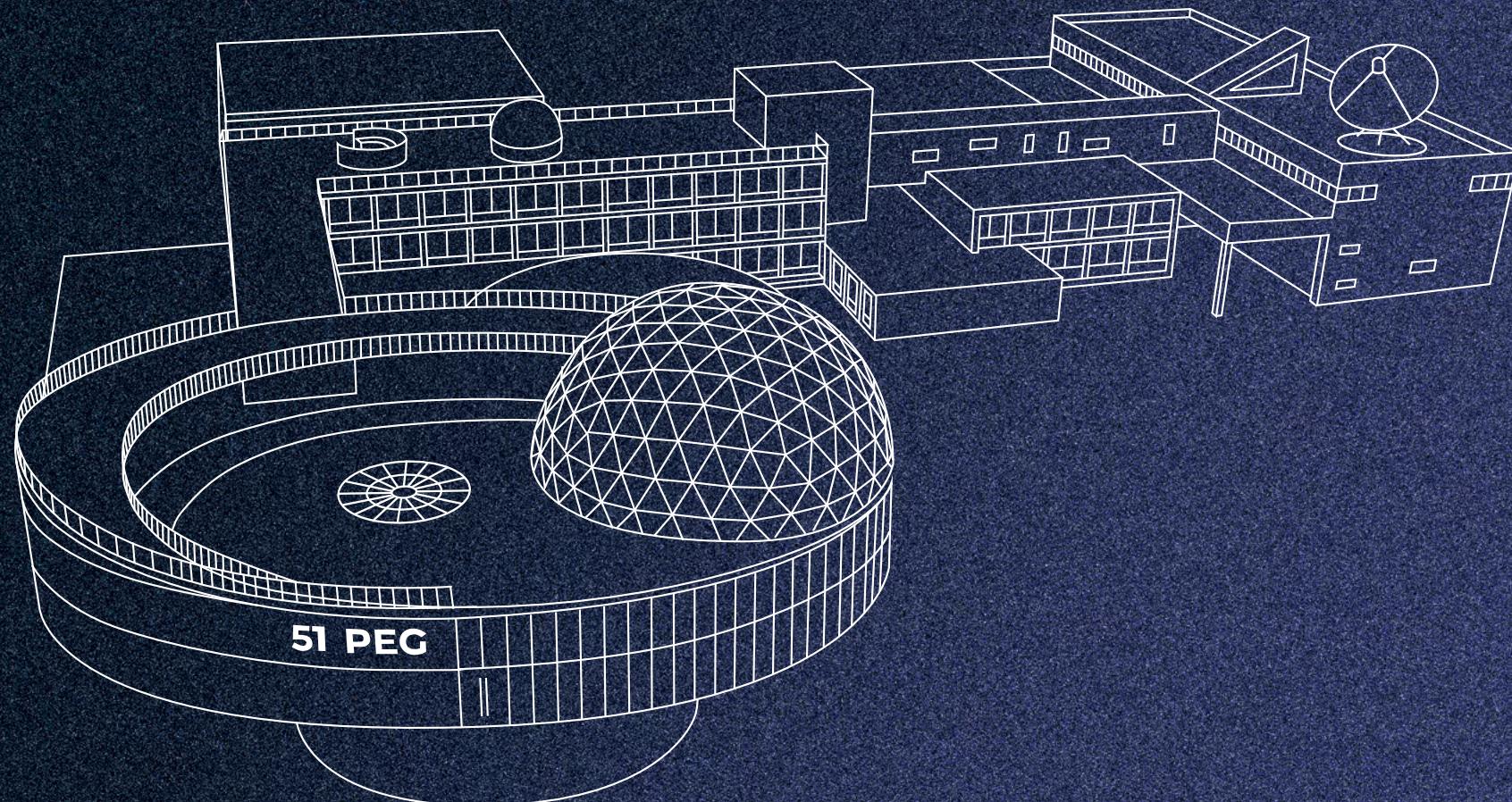
Si les activités principales du Département d'astronomie de l'Université de Genève sont la recherche scientifique et l'enseignement, il a toujours jugé nécessaire de garder le lien avec le public, afin de lui faire part de ses découvertes et de répondre aux questions qu'il se pose. Les connaissances issues de la recherche en astronomie suscitent de longue date un intérêt manifeste et soutenu auprès du grand public. Sans doute, parce qu'elles stimulent la réflexion sur de nombreuses questions existentielles telles que notre place dans l'univers ou l'origine de la vie, et de ce fait nous interrogent sur notre condition d'être humain.

En hommage aux récipiendaires du Prix Nobel de physique 2019, et en reconnaissance de leur engagement pour

la recherche fondamentale, le futur centre de médiation scientifique du Département d'astronomie portera le nom de l'étoile hôte de la première exoplanète découverte par Michel Mayor et Didier Queloz, 51 Pegasi.

Le Centre 51 Peg réunira sous un même toit des chercheurs·euses, des étudiant·e·s et le grand public. Sa principale mission sera celle d'un centre de visiteurs et de médiation scientifique, engagé dans des activités de transmission des connaissances, de sensibilisation et d'engagement en faveur des sciences naturelles, soit de la physique, des mathématiques et de l'informatique.

Ouvert au grand public, le centre sera une vitrine de l'excellence genevoise en matière de recherche en astronomie.



# Un lieu d'échange entre le public et les chercheurs et chercheuses

*Le Centre 51 Peg permettra d'accueillir environ 15 000 visiteurs par an, soit dix fois plus qu'aujourd'hui, dans un environnement fonctionnel et particulièrement attractif. Se déployant sur plus de 1400 m<sup>2</sup>, le centre visiteurs sera pourvu des équipements les plus récents de la muséographie favorisant la médiation scientifique et permettant une approche sensorielle et immersive qui accélère le processus de compréhension de l'Univers dans ses différentes dimensions.*

Le Centre 51 Peg intègre:

- Une **grande salle d'exposition** pour vulgariser la recherche du Département d'astronomie auprès du public et le familiariser avec la science et les technologies qui se cachent derrière l'astronomie moderne. Des équipements modernes tels que des écrans sphériques ou une salle immersive avec des écrans du sol au plafond permettront aux visiteurs d'aborder de manière ludique et pédagogique la recherche menée au sein du département.

- Une **grand salle numérique** – modulable et multi-fonctionnelle – permettra de plonger les visiteurs dans l'expérience immersive d'un planétarium pour partager une initiation unique ; de suivre des présentations magistrales sur les derniers développements de la recherche ou d'échanger avec les chercheurs·euses dans le cadre de tables rondes interactives.

- Des **équipements pour l'observation du soleil** et du ciel nocturne, ainsi qu'un espace d'observation à l'œil nu, permettront une immersion pédagogique et ludique à l'astronomie.



© Laura Giannelli - Architecte / UIZARG-Visualisation

Le visiteur qui voudra étendre son expérience pourra également réserver des visites encadrées par des scientifiques et accéder à la galerie d'observation de la salle blanche ou à l'atelier mécanique de l'Astrotech. S'il existe d'autres centres visiteurs dédiés à l'astronomie et à

l'observation de l'espace, seul le Centre 51 Peg propose au visiteur un lien aussi étroit avec la recherche. Ce ne sont pas des médiateurs, mais des chercheurs et chercheuses du département qui sont responsables de la conception des expositions et programmes

proposés; ces mêmes scientifiques accompagneront le visiteur dans la découverte des parcours et pourront ainsi répondre à ses questions. Le Centre 51 Peg est un lieu où l'on privilégie l'échange et la discussion entre les chercheurs et le public.

# Présence de l'enseignement et de la recherche

*Le programme du centre intègre également des espaces pour stimuler les interactions entre chercheurs et chercheuses des différentes disciplines impliquées et accueillir les activités du Centre pour la Vie dans l'Univers.*

Une salle de conférence modulable permettra des interactions entre scientifiques d'horizons différents. Un équipement moderne facilitera les échanges virtuels ou permettra la tenue de conférences hybrides (présentiel et visio). Enfin des espaces plus intimes, dédiés aux échanges informels, favoriseront la créativité et l'innovation.

En tant que vitrine de l'astronomie genevoise, le Centre 51 Peg réservera également des espaces pour accueillir les étudiant·e·s du Master en astronomie. Il mettra à leur disposition une nouvelle salle de cours et des bulles d'études pour leur permettre de s'isoler ou de travailler en petits groupes.



© Laura Giannelli - Architecte / UIZARQ-Visualisation



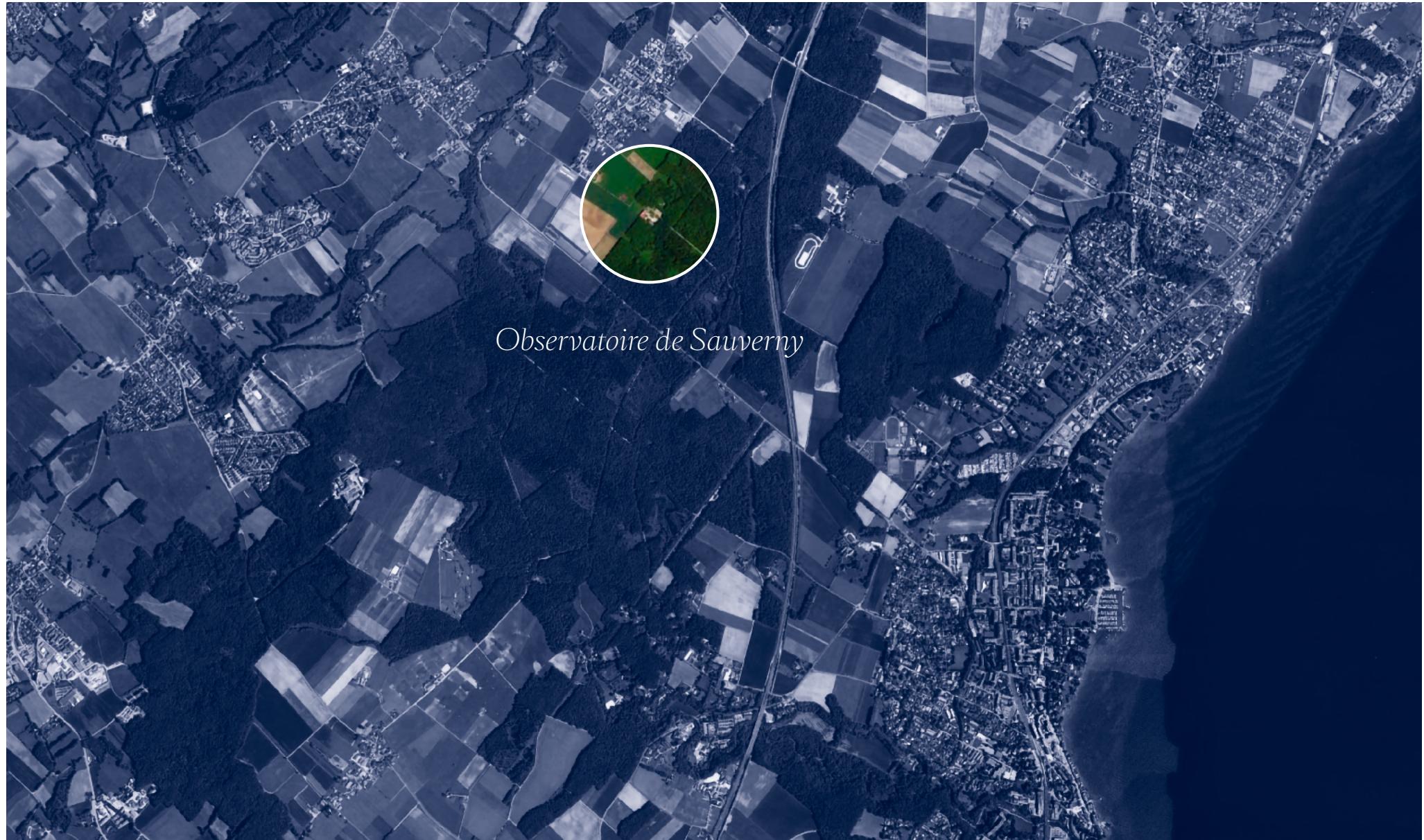
© Laura Giannelli - Architecte / UZARQ - Visualisation

# Prolonger l'expérience au-delà du Centre 51 Peg

*Le Centre 51 Peg verra le jour sur le site de l'Observatoire de Genève à Versoix, au milieu de la forêt de Sauverny. Il s'inscrira fortement dans le tissu économique et culturel de la région.*

La mise en place de chemins pédestres thématiques permettra à la fois de découvrir le milieu naturel exceptionnel de la Versoix, tout en prolongeant l'expérience du centre 51 Peg en dehors des murs.

Toujours dans cette volonté d'inscrire le centre dans son environnement naturel, l'accessibilité du site qu'occupe le Département d'astronomie sera améliorée par la création d'un réseau de mobilité douce en renforçant les possibilités de desserte par les transports publics.



*Observatoire de Sauverny*

# Budget

CENTRE POUR LA VIE DANS L'UNIVERS		
Charges à financer	Coût moyen par année	Coût 5 ans
Deux chaires professorales		1 740 450 CHF
Chaire 1	174 045 CHF	870 225 CHF
Chaire 2	174 045 CHF	870 225 CHF
Fonctions assistantes		1 929 050 CHF
8 postes d'assistant-e-s	385 810 CHF	
Fellowship Michel Mayor		2 775 860 CHF
3 boursiers-ières par an	555 172 CHF	
Encadrement – soutien à la recherche		944 085 CHF
Laboratin-e	50 929 CHF	254 645 CHF
Administrateur-rice	54 848 CHF	274 240 CHF
Coordinateur-rice – liaison pédagogique	83 040 CHF	415 200 CHF
Fonctionnement		225 000 CHF
Colloques	25 000 CHF	125 000 CHF
Consommables	20 000 CHF	100 000 CHF
<b>TOTAL À FINANCER</b>	<b>1 522 889 CHF</b>	<b>7 614 445 CHF</b>
Charges financées par UNIGE		
Fonctions professorales dédiées au CVU		2 303 455 CHF
Professeur-e ordinaire	173 515 CHF	867 575 CHF
Professeur-e associé-e	287 176 CHF	1 435 880 CHF
Fonctions assistantes		964 520 CHF
3 postes d'assistant-e-s	192 904 CHF	
<b>CONTRIBUTION UNIGE</b>	<b>653 595 CHF</b>	<b>3 267 975 CHF</b>

CENTRE 51 PEG – BUDGET PRÉVISIONNEL – BASÉ SUR ÉTUDE DE FAISABILITÉ (ÉTAT DÉCEMBRE 2021)

Travaux préparatoires	1 227 120 CHF
Bâtiments	12 738 494 CHF
Equipements d'exploitation	4 305 000 CHF
Aménagements extérieurs	1 151 100 CHF
Frais secondaires et comptes d'attente	1 829 851 CHF
Honoraires	4 224 649 CHF
Architectes	2 352 339 CHF
Autres métiers	1 872 310 CHF
Ameublement et décoration	1 545 000 CHF
Divers et imprévus	2 285 176 CHF
<b>Total HT</b>	<b>29 306 390 CHF</b>
TVA (7,7%)	2 256 592 CHF
<b>COÛT TOTAL – CHF TTC</b>	<b>31 562 982 CHF</b>



Centre de compétence pour la Vie dans l'Univers

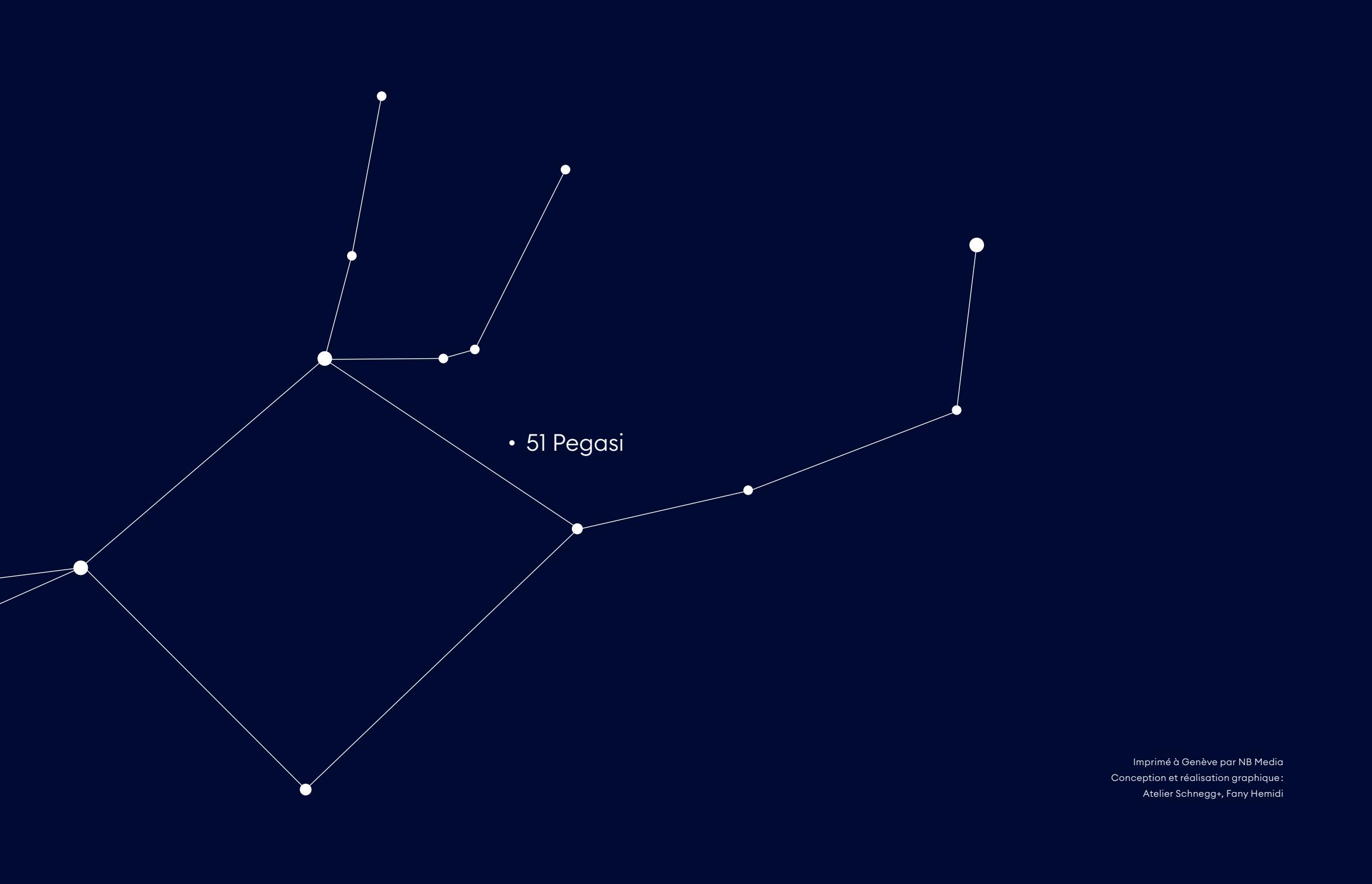
Contact: professeure Emeline Bolmont

E-mail: [emeline.bolmont@unige.ch](mailto:emeline.bolmont@unige.ch)

Centre 51 Peg

Contact: Baptiste Lavie

E-mail: [baptiste.lavie@unige.ch](mailto:baptiste.lavie@unige.ch)





UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE