



Quand les humains tentent de voir loin

EXOBULLES

Quand les humains tentent de voir loin

EXOBULLES

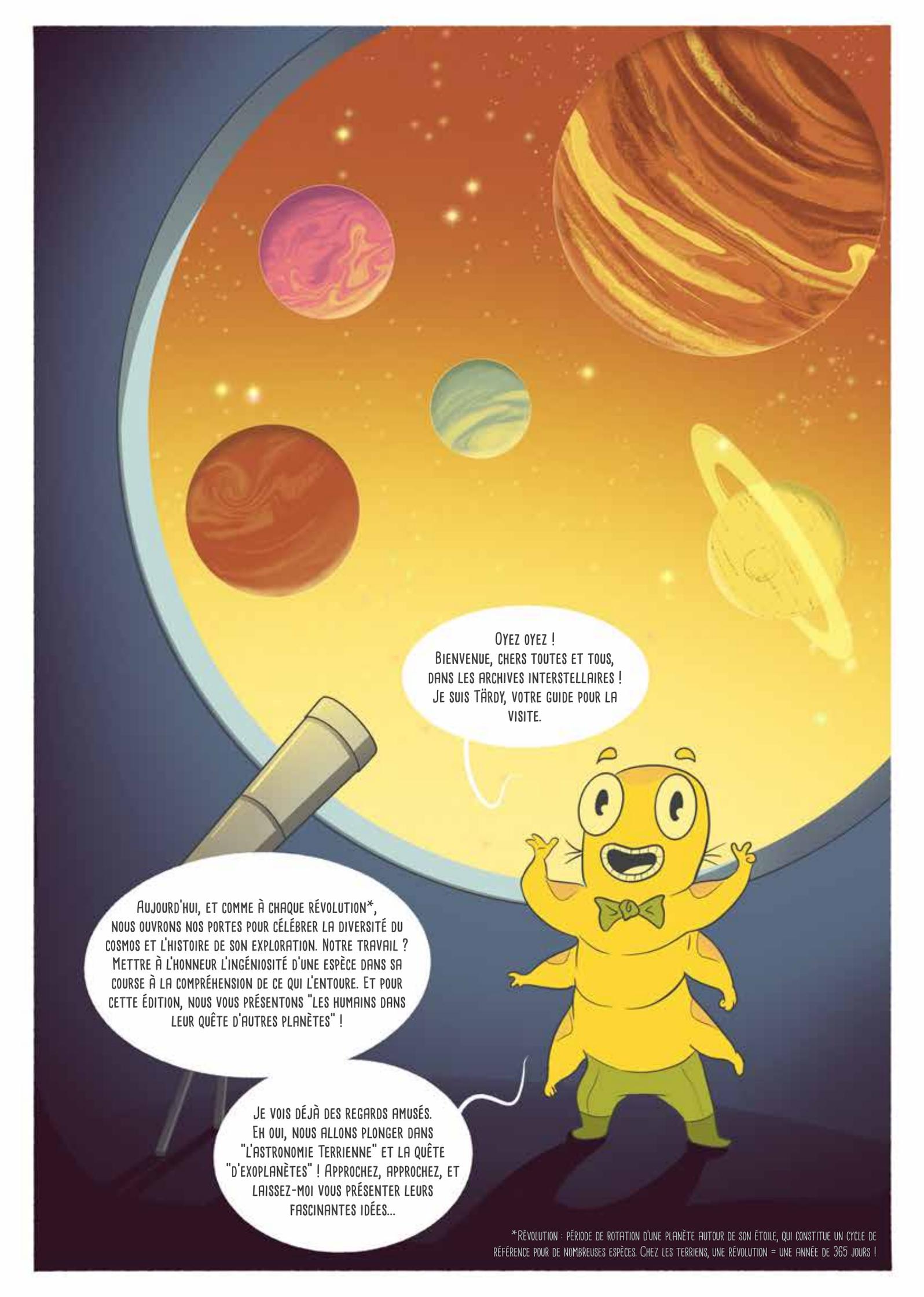
UNE PROPOSITION DE L'UAR PYTHÉAS (AMU, CNRS, INRAE, IRD)

RÉALISÉE PAR MACHA BELLINGHERY

CONSEIL SCIENTIFIQUE DE

MAGALI DELEUIL, PROFESSEUR AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ

LABORATOIRE D'ASTROPHYSIQUE DE MARSEILLE (LAM - OSU INSTITUT PYTHÉAS / AMU-CNRS-CNES)



OYEZ OYEZ !
BIENVENUE, CHERS TOUTES ET TOUS,
DANS LES ARCHIVES INTERSTELLAIRES !
JE SUIS TÄRDY, VOTRE GUIDE POUR LA
VISITE.

AUJOURD'HUI, ET COMME À CHAQUE RÉVOLUTION*,
NOUS OUVRONS NOS PORTES POUR CÉLÉBRER LA DIVERSITÉ DU
COSMOS ET L'HISTOIRE DE SON EXPLORATION. NOTRE TRAVAIL ?
METTRE À L'HONNEUR L'INGÉNIOSITÉ D'UNE ESPÈCE DANS SA
COURSE À LA COMPRÉHENSION DE CE QUI L'ENTOURE. ET POUR
CETTE ÉDITION, NOUS VOUS PRÉSENTONS "LES HUMAINS DANS
LEUR QUÊTE D'AUTRES PLANÈTES" !

JE VOIS DÉJÀ DES REGARDS AMUSÉS.
EH OUI, NOUS ALLONS PLONGER DANS
"L'ASTRONOMIE TERRIENNE" ET LA QUÊTE
"D'EXOPLANÈTES" ! APPROCHEZ, APPROCHEZ, ET
LAISSEZ-MOI VOUS PRÉSENTER LEURS
FASCINANTES IDÉES...

*RÉVOLUTION : PÉRIODE DE ROTATION D'UNE PLANÈTE AUTOUR DE SON ÉTOILE, QUI CONSTITUE UN CYCLE DE RÉFÉRENCE POUR DE NOMBREUSES ESPÈCES. CHEZ LES TERRIENS, UNE RÉVOLUTION = UNE ANNÉE DE 365 JOURS !

CURIEUX DEPUIS TOUJOURS,
CHERCHANT À COMPRENDRE LE CIEL
ET SURTOUT L'ESPACE QUI LES
ENTOURENT...

... LES TERRIENS
ONT D'ABORD
OBSERVÉ LES
ASTRES LES
PLUS PROCHES
D'EUX.



IL LEUR FAUDRA PRÈS DE 200 000 ANS D'EXISTENCE ET D'ÉVOLUTION DE LEUR ESPÈCE
"HOMO SAPIENS SAPIENS" POUR ENFIN PERCER LE MYSTÈRE DE LEUR SYSTÈME SOLAIRE.



HOMO SAPIENS
10 000 AVANT J.-C.

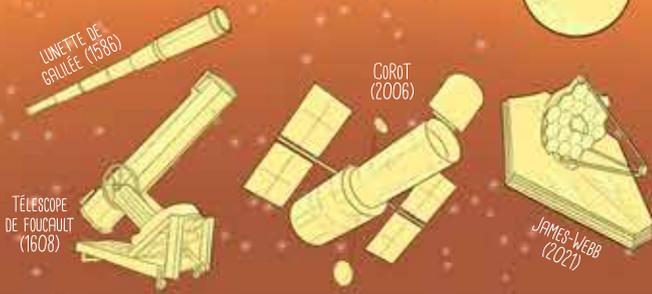
ZHOU-KONG
1 122 AVANT J.-C.

ARISTOTE
384 - 322 AVANT J.-C.

PTOLÉMÉE
100 - 168

COPERNIC
1473 - 1543

TOUT S'EST ENSUITE ENCHAÎNÉ EN QUELQUES CENTAINES
D'ANNÉES TERRIENNES. CONSTRUCTION DE TÉLESCOPES, ENVOI
DE SONDES EXPLORATRICES... LES PLUS INTRÉPIDES SE SONT
MÊME POSÉS SUR LE SATELLITE DE LA TERRE : LA LUNE !



LUNETTE DE
GALILÉE (1596)

COROT
(2006)

TÉLESCOPE
DE FOUCAULT
(1808)

JAMES WEBB
(2021)

MAIS C'EST À PARTIR
DE L'AN TERRIEN 1995 QUE
LES HUMAINS DÉCOUVRENT DES
PLANÈTES À L'EXTÉRIEUR DE
LEUR SYSTÈME SOLAIRE : LES
FAMEUSES "EXOPLANÈTES" !
DÉMARRE ALORS UNE CHASSE
DES PLUS AMBITIEUSES...



GAR LA COMPRÉHENSION DE LA COMPLEXITÉ DE L'UNIVERS LES FAISAIT RÉFLÉCHIR...

... ET LA PERSPECTIVE D'ÉLUCIDER LA PLACE DE LA TERRE DANS L'UNIVERS LES ANIMAIT.

S'IL Y A D'AUTRES
SYSTÈMES QUE LE NÔTRE,
AVEC D'AUTRES ÉTOILES ET
D'AUTRES PLANÈTES...

... ALORS
IL Y A
PEUT-ÊTRE
D'AUTRES
FORMES DE VIE !

LA TERRE
EST-ELLE UNIQUE
OU COMMUNE ?

EST-ELLE LA
SEULE À ÊTRE
HABITÉE ?

COMBIEN Y A-T-IL
DE TYPES DE SYSTÈMES
PLANÉTAIRES ? COMMENT
SE FORMENT-ILS ?

QUELLE EST
L'ORIGINE DE
L'UNIVERS ?!

BREF. L'ESPÈCE HUMAINE S'INTERROGE BEAUCOUP SUR
SON ORIGINE ET SA PLACE DANS L'UNIVERS. C'EST CE
QUI A MOTIVÉ TOUTES LES INGÉNIEUSES INVENTIONS
QUE NOUS ALLONS DÉTAILLER ICI !

SUIVEZ-MOI
ET PARTONS
SUR LES TRACES
DE CES
EXPLORATEURS...



1, 2, 3... SOLEIL !

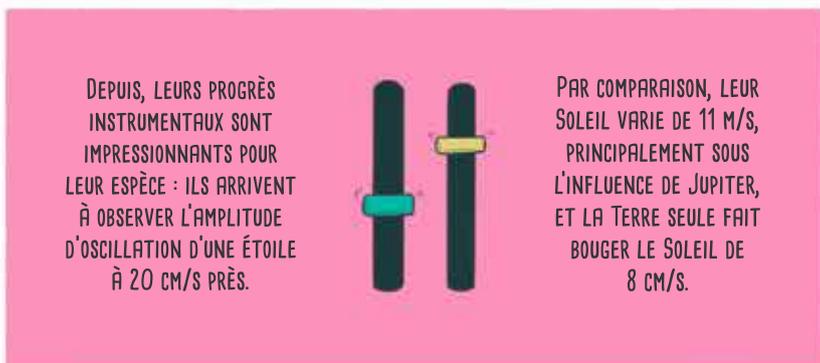
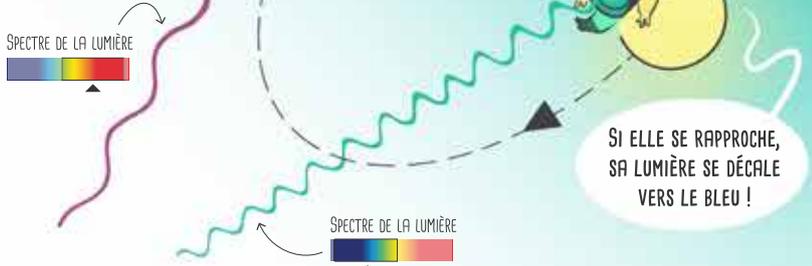
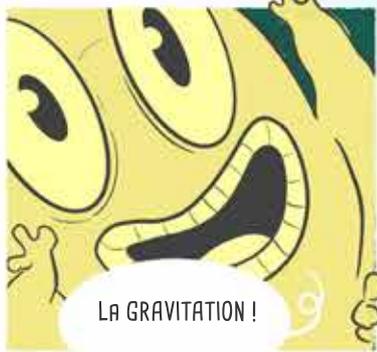
Une étoile a bougé ? Alors elle n'est pas seule...



ICI, NOUS ALLONS PARLER DE LA MÉTHODE QUI A PERMIS AUX HUMAINS, ET EN PARTICULIER À CES DEUX-LÀ, MICHEL MAYOR ET DIDIER QUELOZ, DE DÉTECTER LEUR TOUTE PREMIÈRE EXOPLANÈTE : 51 PEGASI B ! DRÔLE DE FAÇON DE NOMMER DES PLANÈTES, HEIN ?

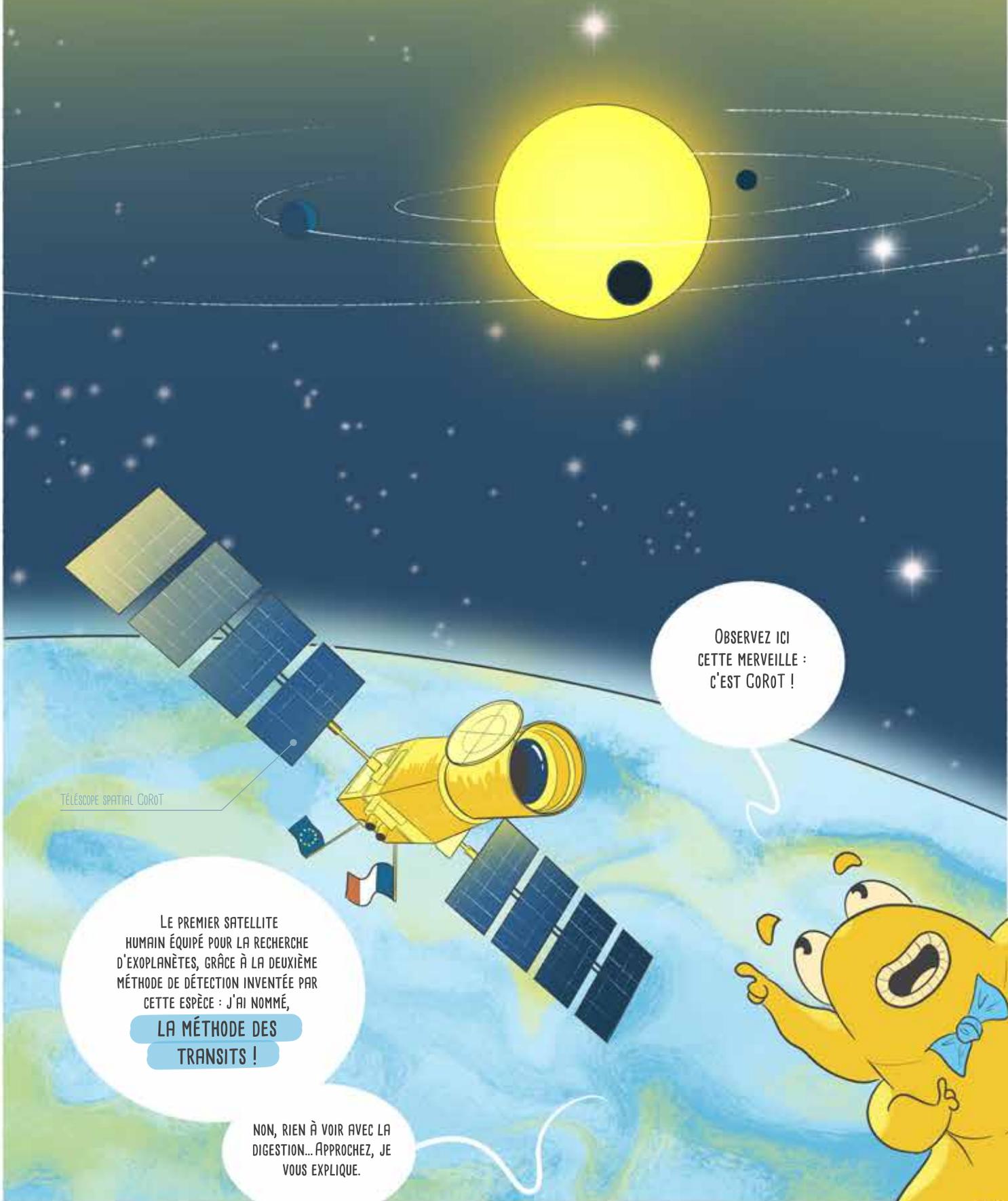
ET LE NOM DE LEUR MÉTHODE ?
LA MÉTHODE DES VITESSES RADIALES.
ANALYSONS CELA ENSEMBLE.

OBSERVATOIRE DE HAUTE-PROVENCE (OHP)
ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE, FRANCE



ECLIPSE EN VUE

Quand la lumière disparaît... c'est une planète qui apparaît !



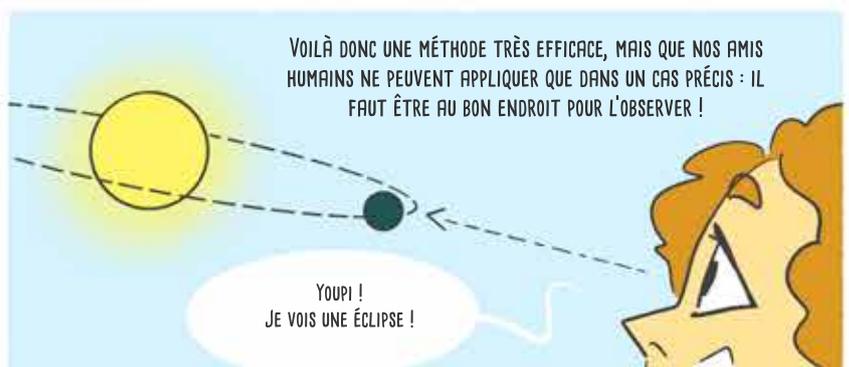
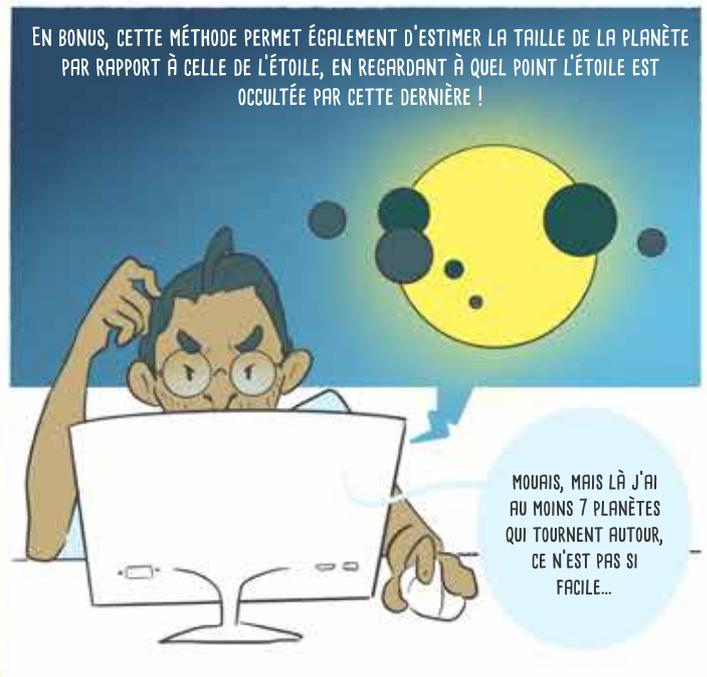
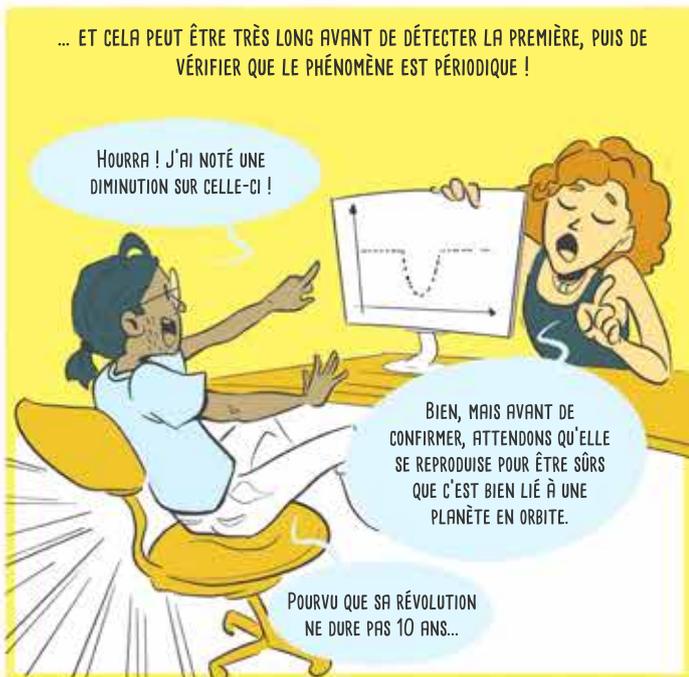
TÉLÉSCOPE SPATIAL COROT

LE PREMIER SATELLITE
HUMAIN ÉQUIPÉ POUR LA RECHERCHE
D'EXOPLANÈTES, GRÂCE À LA DEUXIÈME
MÉTHODE DE DÉTECTION INVENTÉE PAR
CETTE ESPÈCE : J'AI NOMMÉ,

**LA MÉTHODE DES
TRANSITS !**

NON, RIEN À VOIR AVEC LA
DIGESTION... APPROCHEZ, JE
VOUS EXPLIQUE.

OBSERVEZ ICI
CETTE MERVEILLE :
C'EST COROT !



^ SOURIEZ VOUS ÊTES FILMÉES

On vous verra à des années-lumières !

LES TERRIENS ADORENT
PRENDRE CE QU'ILS APPELLENT
DES "PHOTOS", ET OBTENIR DE
BELLES IMAGES QU'ILS
COLLECTIONNENT...

"VERY LARGE TELESCOPE" (VLT)
DÉSERT D'ATACAMA, CHILI

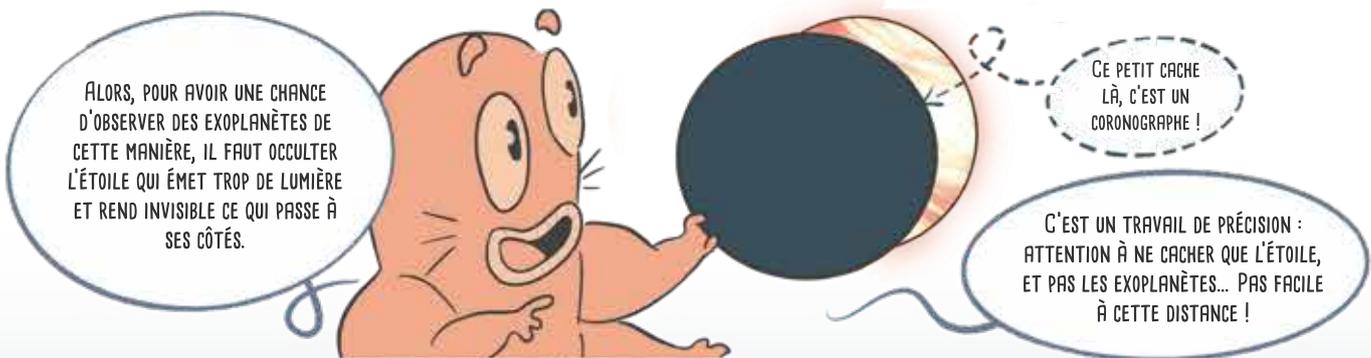
ALORS FORCÉMENT, ILS ONT VOULU
PHOTOGRAPHER LES EXOPLANÈTES QU'ILS
RECHERCHENT. MAIS AVEC LA DISTANCE, CE
QU'ILS ARRIVENT À OBSERVER RÉELLEMENT
N'EST PAS FORCÉMENT "PHOTOGÉNIQUE"...

MÉTHODE PAR IMAGERIE

DIRECTE.



OR, LES ÉTOILES SONT 1 À 10 MILLIARDS DE FOIS PLUS BRILLANTES QUE LES PLANÈTES. DIFFICILE DONC DE DÉTECTER DIRECTEMENT CES DERNIÈRES AVEC DES INSTRUMENTS TERRESTRES CLASSIQUES...



Rien ne vaut le travail d'équipe !

UN POUR TOUS ET TOUS POUR UN



HAAA CES
TERRIENS...

AVEC LEURS

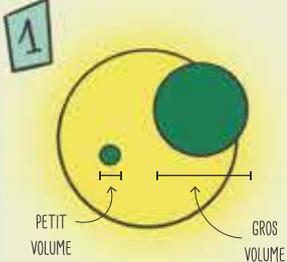
3 MÉTHODES PRINCIPALES

DE DÉTECTION D'EXOPLANÈTES, ILS ARRIVENT À
EN APPRENDRE, DES CHOSSES ! VOYONS UN PEU
JUSQU'OU VA LEUR INGÉNOSITÉ QUAND ILS
COMBINENT TOUT CELA...

D'ABORD, AVEC LES DEUX PREMIÈRES MÉTHODES, ILS OBTIENNENT DEUX CARACTÉRISTIQUES :



CELLE DES TRANSITS INFORME SUR LE DIAMÈTRE, DONC LE VOLUME DE L'EXOPLANÈTE...



... ET CELLE DES VITESSES RADIALES, SUR LA MASSE.

AINSI, SANS MÊME VOIR DIRECTEMENT UNE EXOPLANÈTE, LES HUMAINS SAVENT PRESQUE TOUT D'ELLE :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

MASSE (m) and VOLUME (V) are labeled. The result is labeled DENSITÉ (rho).

D'APRÈS LEURS MÉTHODES DE CALCUL, MASSE ET VOLUME DONNENT LA DENSITÉ DE LA PLANÈTE, DONC, SA NATURE !

PLUTÔT TELLURIQUE, TRÈS DENSE ?

OU PLUTÔT GAZEUSE, PLUS LÉGÈRE ?



LA MÉTHODE DES TRANSITS INFORME AUSSI SUR L'ATMOSPHÈRE DES PLANÈTES DÉTECTÉES :

LUMIÈRE "PURE" DE L'ÉTOILE

LUMIÈRE MODIFIÉE APRÈS SON PASSAGE DANS L'ATMOSPHÈRE

LA LUMIÈRE DE L'ÉTOILE, QUI PASSE À TRAVERS L'ATMOSPHÈRE DE LA PLANÈTE, GARDERA LES EMPREINTES DES GAZ QU'ELLE A RENCONTRÉS AVANT D'ARRIVER DANS UN CAPTEUR TERRIEN.

SPECTRE DE LA LUMIÈRE



TELS DES DÉTECTIVES, LES HUMAINS RECHERCHENT CES EMPREINTES CACHÉES DANS LA LUMIÈRE DE L'ÉTOILE ET DÉDUISENT AINSI UNE COMPOSITION CHIMIQUE APPROXIMATIVE DE L'ATMOSPHÈRE DE LA PLANÈTE !

PUIS VIENT LA QUESTION CRUCIALE : QUELLES CARACTÉRISTIQUES PERMETTENT DE SUPPOSER L'EXISTENCE D'UNE FORME DE VIE SUR L'EXOPLANÈTE SCRUTÉE ?



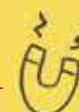
C'EST ICI QUE LA SCIENCE TERRIENNE ATTEINT SES LIMITES...

SELON LES CRITÈRES HUMAINS, LA VIE A BESOIN DE QUATRE CONDITIONS POUR APPARAÎTRE.

EAU LIQUIDE, ÉLÉMENT INDISPENSABLE À LA VIE SELON LES TERRIENS



CHAMPS MAGNÉTIQUE PROTECTEUR CONTRE LES VENTS SOLAIRES



DISTANCE À SON ÉTOILE QUI PERMET UNE BONNE TEMPÉRATURE



ATMOSPHÈRE STABLE



MAIS POUR L'INSTANT, AUCUNE EXOPLANÈTE CONNUE PAR LES TERRIENS NE SEMBLE CORRESPONDRE À CES EXIGENCES...



L'Univers regorge de mondes insoupçonnés /

CABINET DE CURIOSITÉS



DANS CE TOURBILLON DE DÉCOUVERTES, N'OUBLIONS PAS LES QUESTIONS FONDAMENTALES QUE SE POSENT LES HUMAINS :

QUELS TYPES DE PLANÈTES ONT-ILS TROUVÉS JUSQU'ALORS ? QU'ONT-ILS APPRIS SUR LES EXOPLANÈTES DE LEUR GALAXIE EN GÉNÉRAL ? EN SAVENT-ILS D'AVANTAGE SUR LEUR PROPRE ORIGINE ?



CE FOISONNEMENT DE NOUVEAUX MONDES LEUR A OUVERT LES YEUX SUR DES POPULATIONS DE PLANÈTES QUI N'EXISTENT PAS DANS LEUR SYSTÈME SOLAIRE !

ROCHEUSE ET GAZEUSE TRÈS PROCHES DE L'ÉTOILE

"JUPITER CHAUD"

"SUPER-TERRE"

"MINI-NEPTUNE"

"GROSSE JUPITER" (x2)

MERCURE

VENUS

TERRE

MARS

JUPITER

SATURNE

URANUS

NEPTUNE

ROCHEUSES

GAZEUSES

PARFOIS, UNE EXOPLANÈTE EST SI PROCHE DE SON ÉTOILE QU'ELLE EN FAIT LE TOUR EN... MOINS DE 24 HEURES !

CERTAINES SUBISSENT DE TRÈS FORTES MARÉES QUI LES DÉFORMENT...

OHÉ... ?
... D'AUTRES SONT SEULES, SANS ÉTOILE, ET ERRENT DANS L'ESPACE.

IL Y A MÊME DES SYSTÈMES AVEC 2 ÉTOILES ! ET CETTE CONFIGURATION EST PEUT-ÊTRE PLUS RÉPANDUE QUE LES SYSTÈMES À UNE SEULE ÉTOILE...

BIEN SÛR, LES MODÉLISATIONS HUMAINES PERMETTENT SEULEMENT DE SUPPOSER LE MATÉRIAU MAJORITAIRE COMPOSANT LA PLANÈTE, SA TEMPÉRATURE, ET DONC, SES CONDITIONS DE SURFACE.

MAIS CELA FAIT DÉJÀ RÊVER !

IMAGINE, SUR KEPLER 16B, ON AURAIT 2 ÉTOILES, DONC TOUJOURS 2 OMBRES...

WAHOU ! SUR LSH 1140B, LE MONDE ENTIER SERAIT UN OCÉAN D'EAU OU DE GLACE !

ET SUR COROT-7B, VU LA COMPOSITION ET LA CHALEUR, IL POURRAIT PLEUVOIR DES PIERRES !

BREF. LA DIVERSITÉ DE CES MONDES, QUE LES TERRIENS NE DÉTECTENT POUR L'INSTANT QUE DANS LEUR GALAXIE, A BOULEVERSÉ LA CONCEPTION HUMAINE DE L'UNIVERS... ET A SÉRIEUSEMENT REMIS EN QUESTION LEUR THÉORIE DE FORMATION DES PLANÈTES ET LEUR CLASSIFICATION !



OUI JE SAIS. ICI, NOUS AVONS DÉJÀ CES RÉPONSES !

MAIS LES TERRIENS, EUX, N'EN SONT QU'À LEURS DÉBUTS. ALORS PATIENTONS ENCORE UN PEU AVANT QU'ILS N'AVANCENT DANS LA DÉCOUVERTE DE L'INFINI DES POSSIBLES DE L'UNIVERS...

ET PUIS, TROUVER D'AUTRES MONDES SIMILAIRES À LA TERRE, DANS D'AUTRES CONDITIONS, C'EST AUSSI MIEUX COMPRENDRE LEUR PROPRE PLANÈTE.

IL Y A PROBABLEMENT DES PLANÈTES DONT L'HISTOIRE SERAIT SIMILAIRE À CELLE DE LA TERRE, DANS LE PASSÉ... OU LE FUTUR !

LES QUESTIONS QUI EN DÉCOULENT SONT VERTIGINEUSES...

LA DÉCOUVERTE D'UNE NOUVELLE TERRE NE VIENDRA-T-ELLE PAS TOUT REMETTRE EN QUESTION ?

LE MYSTÈRE DE L'ÉCLOSION DE LA VIE SUR TERRE EST-IL ÉLUCIDÉ ?



LE MOT DE LA FIN



BONJOUR À TOI LECTEUR ! J'ESPÈRE QUE TU AS APPRÉCIÉ CETTE VISITE GUIDÉE EXTRATERRESTRE, ET QU'ELLE T'A DONNÉ ENVIE D'EN SAVOIR PLUS, VOIRE DE REJOINDRE L'AVENTURE SCIENTIFIQUE TERRIENNE DE RECHERCHE D'EXOPLANÈTES !

LE SAVAIS-TU ? AU LABORATOIRE D'ASTROPHYSIQUE DE MARSEILLE, LE LAM, NOTRE ÉQUIPE DE CHERCHEUSES ET DE CHERCHEURS PARTICIPE À DE NOMBREUX PROGRAMMES INSTRUMENTAUX ET SCIENTIFIQUES DÉDIÉS À L'ÉTUDE DES EXOPLANÈTES. CELA S'EST AMPLIFIÉ, DEPUIS LA DÉTECTION DE LA PREMIÈRE EXOPLANÈTE "51 PEGASI B" EN 1995, À L'OBSERVATOIRE DE HAUTE-PROVENCE (OHP) !

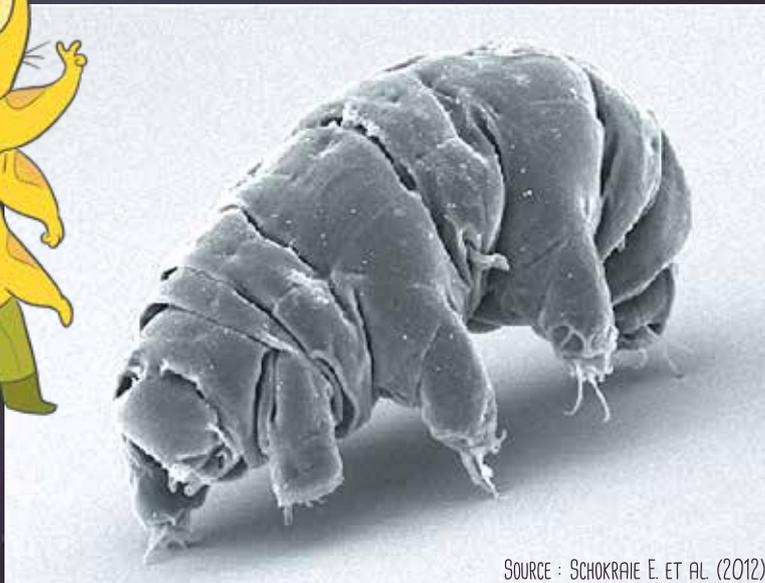
C'EST D'AILLEURS GRÂCE À LA COLLABORATION DE CHERCHEURS ET D'INGÉNIEURS DE L'OBSERVATOIRE DE MARSEILLE, DE L'OBSERVATOIRE DE HAUTE-PROVENCE ET DE L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE QUE L'INSTRUMENT QUI A PERMIS CETTE PREMIÈRE DÉTECTION A ÉTÉ CONÇU : LE SPECTROGRAPHE ÉLODIE, INSTALLÉ SUR LE TÉLESCOPE DE 193 CENTIMÈTRES DE L'OHP. DE NOUVELLES GÉNÉRATIONS D'INSTRUMENTS ONT ENSUITE ÉTÉ CONÇUES, TOUJOURS PLUS SENSIBLES ET PERFORMANTES POUR LA RECHERCHE ET L'ÉTUDE DES EXOPLANÈTES.

HA ! ENCORE UNE CHOSE.
EST-CE QUE TÄRDY T'A FAIT
PENSER À UN PETIT ÊTRE CONNU ?
HÉ BIEN, C'EST NORMAL ! LA FORME
DE NOTRE OBSERVATEUR
EXTRATERRESTRE EST INSPIRÉE...

DU TARDIGRADE !
UN CLIN D'ŒIL À CE PETIT ANIMAL
INCROYABLE À 8 PATTES, D'ENVIRON 1 MILLIMÈTRE.
IL SURVIT DE -273°C, JUSQU'À +340°C. IL EST 11 000 FOIS
PLUS RÉSISTANT QUE L'HOMME AUX RAYONS X. IL RÉSISTE
AUSSI À LA DÉSHYDRATATION, AU MANQUE D'OXYGÈNE, IL EST
DONC CAPABLE DE SURVIVRE DANS DES CONDITIONS EXTRÊMES
ET NOTAMMENT DANS LE VIDE SPATIAL.



D'AILLEURS,
NE SERAIT-IL PAS PLUS PROBABLE QU'UNE
FORME DE VIE EXTRATERRESTRE RESSEMBLE
À UN MICRO-ORGANISME OU À UNE BACTÉRIE
PLUTÔT QU'À UN ÊTRE HUMAIN ?



SOURCE : SCHOKRAIE E. ET AL. (2012).

IMAGE D'UN TARDIGRADE AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE À BALAYAGE.

UNE BANDE-DESSINÉE PROPOSÉE PAR :



RÉALISATION ET ILLUSTRATION :



AVEC LE SOUTIEN DE :



Quand les humains tentent de voir loin

EXOBULLES

IMAGINONS QU'UNE CIVILISATION EXTRATERRESTRE PUISSE NOUS OBSERVER ET ÉTUDIER LES INVENTIONS QUI NOUS PERMETTENT, PETIT À PETIT, DE MIEUX COMPRENDRE L'UNIVERS... QU'EN DIRAIT-ELLE ?
SERONS-NOUS CAPABLE, UN JOUR, DE RÉPONDRE À CETTE QUESTION ANCESTRALE :
"SOMMES-NOUS SEULS DANS L'UNIVERS" ?

EXOBULLES EST UNE BANDE DESSINÉE QUI PRÉSENTE, DE MANIÈRE ORIGINALE, LES MÉTHODES IMAGINÉES PAR LES ASTRONOMES POUR DÉTECTER ET ÉTUDIER LES PLANÈTES EN ORBITE AUTOUR D'AUTRES ÉTOILES QUE LE SOLEIL ; LES EXOPLANÈTES OU PLANÈTES EXTRASOLAIRES. CHACUNE DES PROBLÉMATIQUES SCIENTIFIQUES ABORDÉES ICI EST PRÉSENTÉE DE LA MÊME MANIÈRE - UNE PREMIÈRE PAGE AVEC UNE ILLUSTRATION GRAND FORMAT TELLE UNE PUBLICITÉ ANNONÇANT LA PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE DE MANIÈRE ATTRACTIVE ET ÉVOCATRICE, ET UNE SECONDE PAGE DE STYLE BD EXPLIQUANT SES PRINCIPES.

CETTE HISTOIRE, MAGNIFIQUEMENT CONÇUE ET ILLUSTRÉE PAR MACHA BELLINGHERY, REPOSE SUR UNE COLLABORATION ENTRE L'ÉQUIPE COMMUNICATION - PARTAGE DES CONNAISSANCES DE L'OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS INSTITUT PYTHÉAS ET MAGALI DELEUIL, CHERCHEUSE, SPÉCIALISTE DES EXOPLANÈTES AU LABORATOIRE D'ASTROPHYSIQUE DE MARSEILLE.

BANDE DESSINÉE ACCESSIBLE DÈS 10 ANS.