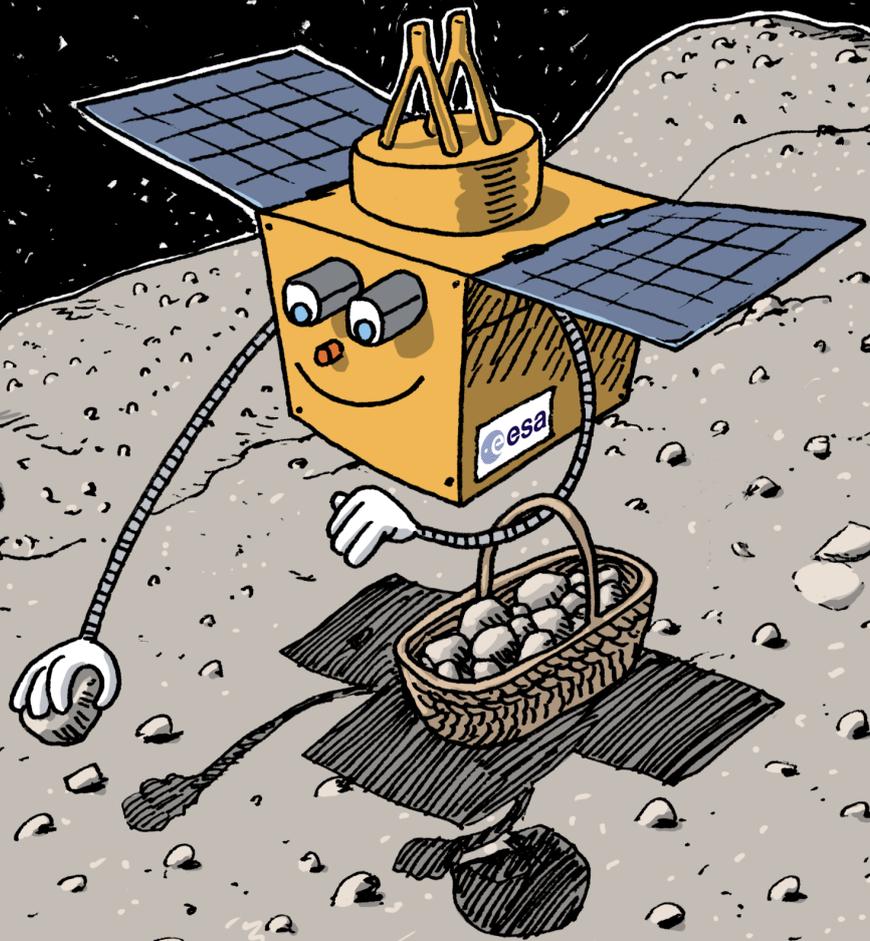


Near Earth Asteroid Sample Return Mission

# Marco Polo-R



S.CNUDE 16.01.13





## **Preface**

*MarcoPolo-R est une mission de retour d'échantillons d'un astéroïde géocroiseur, à l'étude à l'ESA (Agence spatiale européenne) dans le cadre de son programme Cosmic Vision, dans la catégorie de mission M3. Elle est en concurrence avec quatre autres missions et le choix final ne sera fait qu'en février 2014 pour un lancement en 2022-24.*

*Dans une nouvelle ère de l'exploration du système solaire, la mission MarcoPolo-R permettra à l'Europe de contribuer opportunément à l'effort international de retour d'échantillons avec les missions OSIRIS-Rex et Hayabusa2, déjà sélectionnées respectivement par la NASA et la JAXA (les agences spatiales américaine et japonaise).*

*La bande dessinée relate les aventures du robot MarcoPolo-R qui raconte son histoire depuis l'étude industrielle, le choix des instruments et le choix de son nom, MarcoPolo. Le robot MarcoPolo-R explique la conception de la mission et la façon dont la sonde spatiale sera construite, son lancement et son orbite interplanétaire, comment les échantillons seront prélevés et renvoyés sur Terre. Il découvre les difficultés qui peuvent se présenter pendant son aventure au cours de la phase d'étude de la mission, y compris le changement de cible astéroïdale. Dans l'histoire, MarcoPolo-R est accompagné par une équipe de scientifiques et d'ingénieurs dévoués qui travaillent dur pour définir la mission dans les moindres détails.*

*Le nouvel objectif de MarcoPolo-R est l'astéroïde potentiellement dangereux (PHA pour Potentially Hazardous Asteroid en anglais) 2008 EV5, découvert en 2008 lorsqu'il a frôlé la Terre. Après plusieurs observations, y compris radar et spectroscopiques, révélant ainsi sa composition primitive, 2008 EV5 a été identifié par l'équipe comme la meilleure cible scientifique accessible, avec le bénéfice supplémentaire d'une durée de mission raccourcie à seulement quatre ans et demi.*

*MarcoPolo-R sera une occasion unique d'améliorer nos connaissances sur une population unique de corps primitifs. MarcoPolo-R permettra aux laboratoires européens impliqués dans l'analyse de matériaux extraterrestres d'être à l'avant-garde de cette nouvelle ère de retour d'échantillons. MarcoPolo-R permettra aux scientifiques l'analyse en laboratoire de certains des matériaux les plus primitifs disponibles afin d'étudier les processus de formation du système solaire primordial, d'explorer les premières étapes de la formation des planètes habitables et de comprendre l'origine de la vie sur Terre.*

*L'étude de la mission est soutenue par environ 700 scientifiques de 25 pays européens ainsi que par la NASA, la JAXA et des collègues brésiliens.*

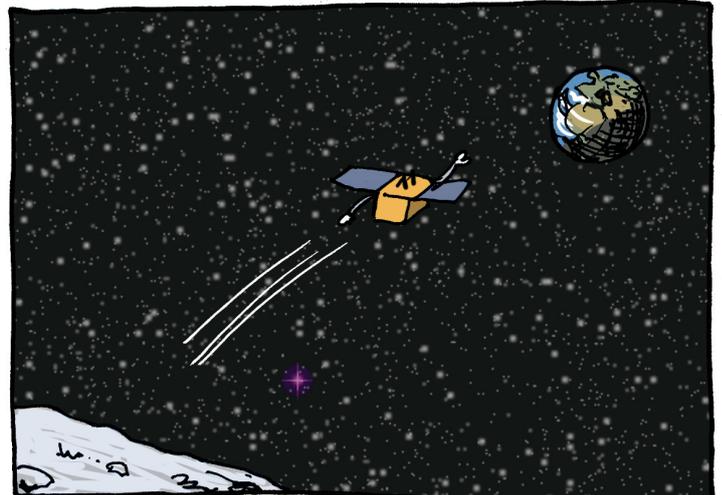
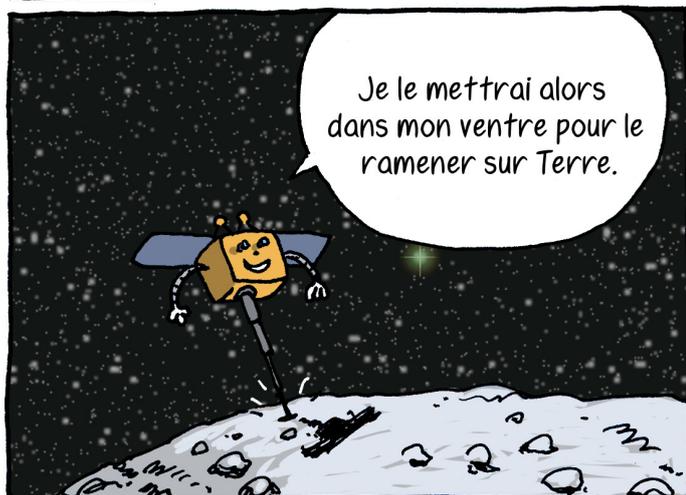
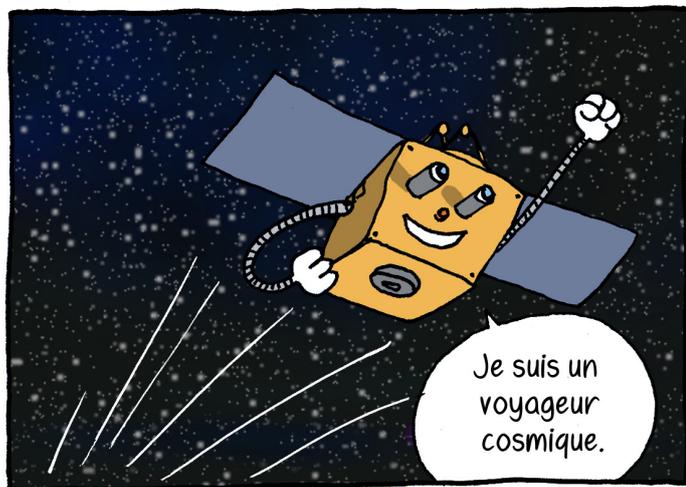
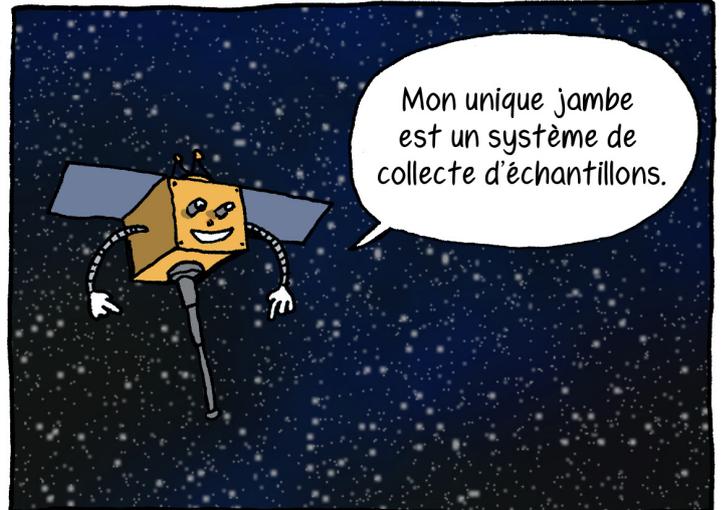
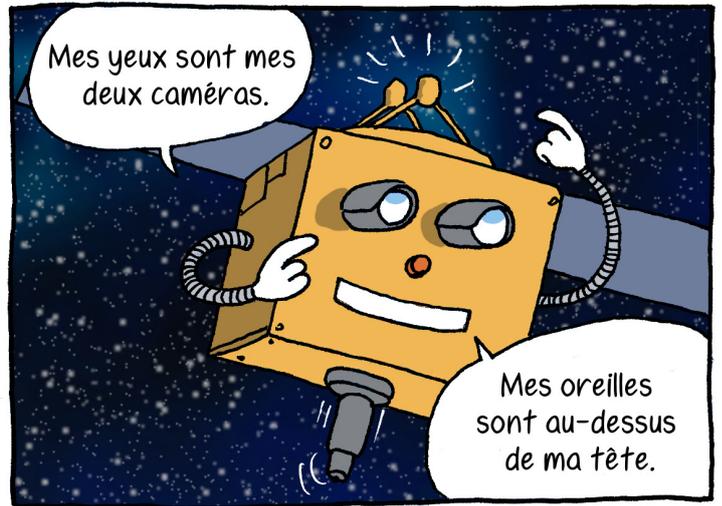
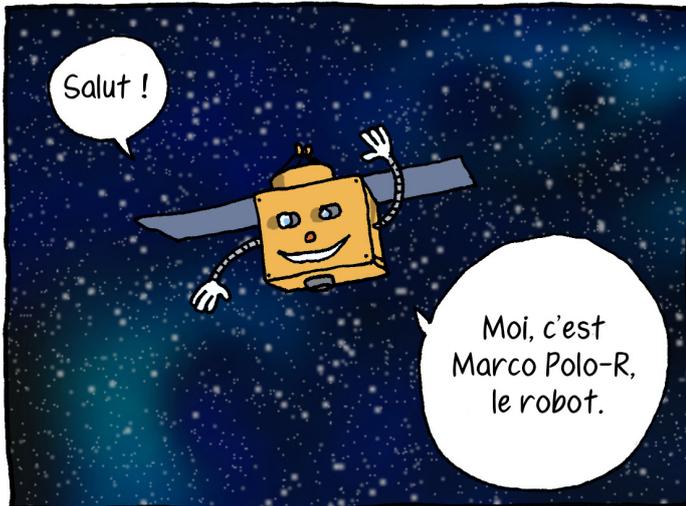
**M. Antonietta Barucci**  
**LESIA-Observatoire de Paris**  
**Responsable de l'étude la mission ESA MarcoPolo-R**

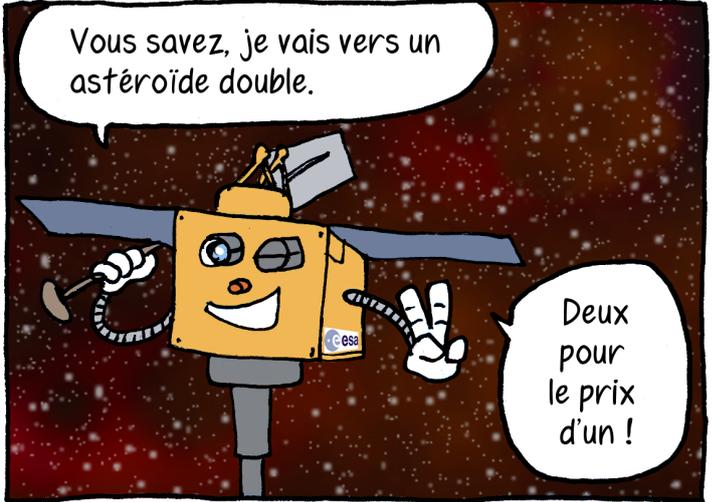
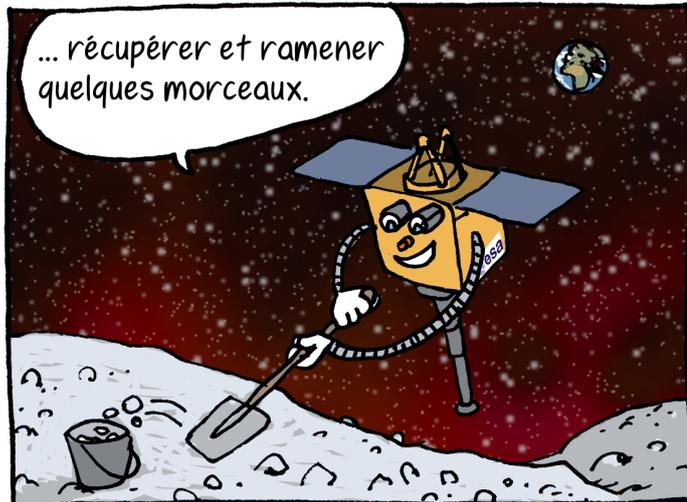
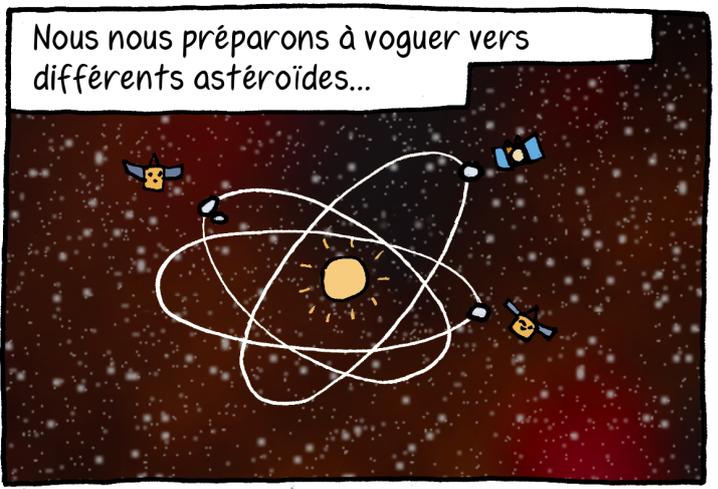
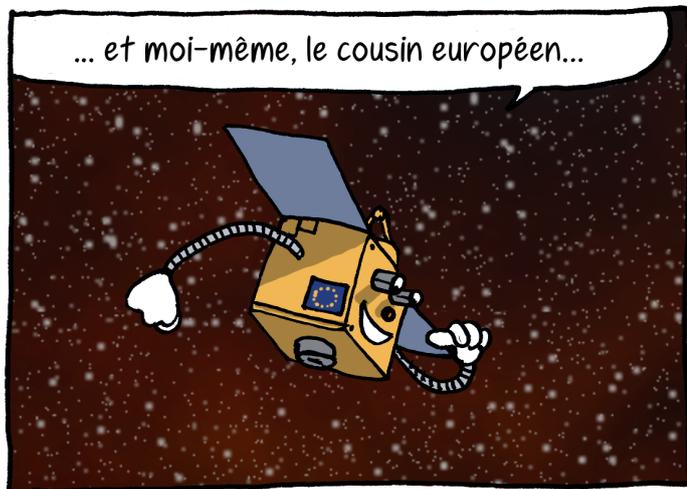
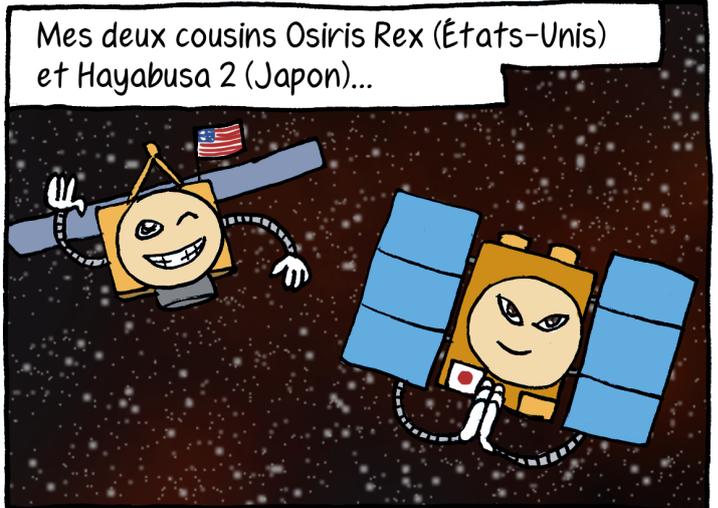
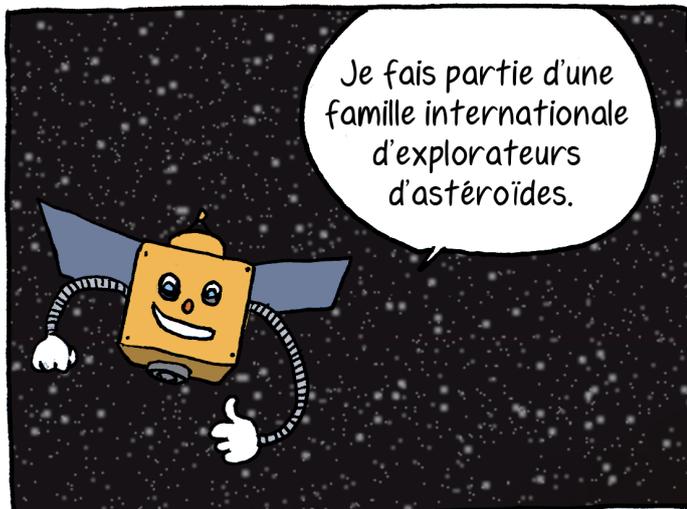
**Paris, 1<sup>er</sup> juillet 2013**

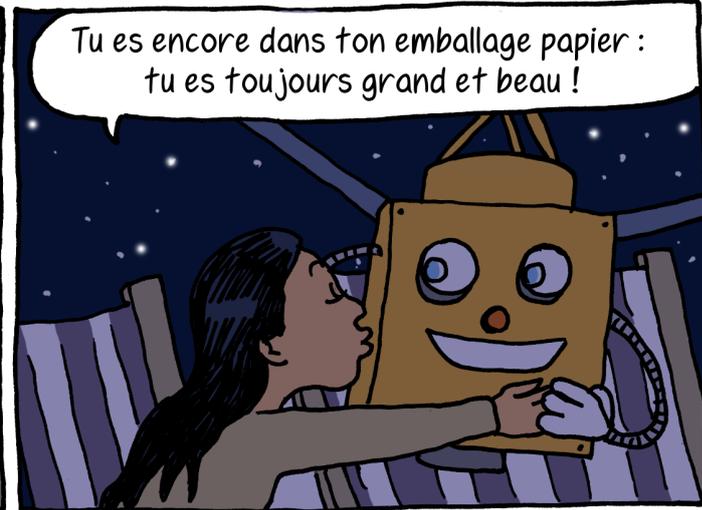
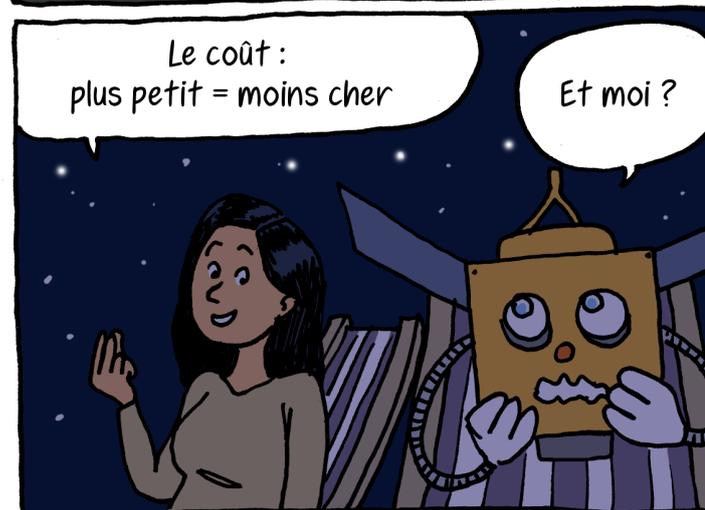
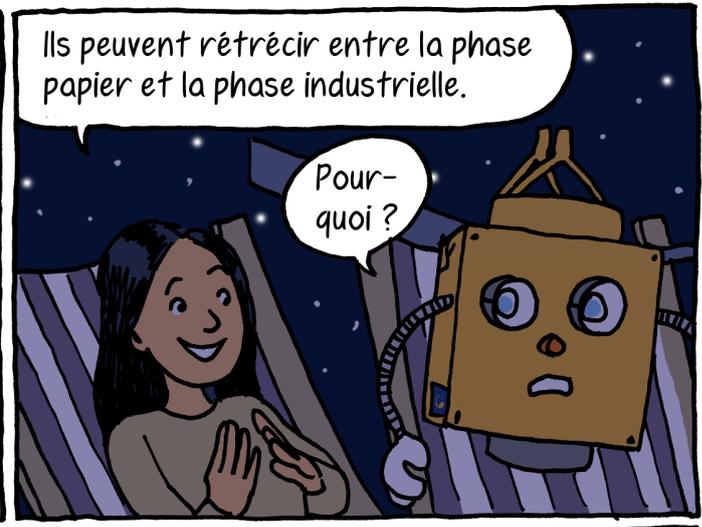
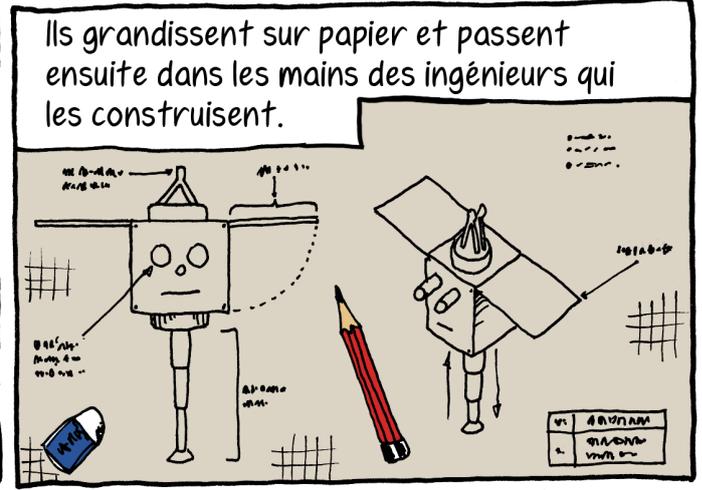
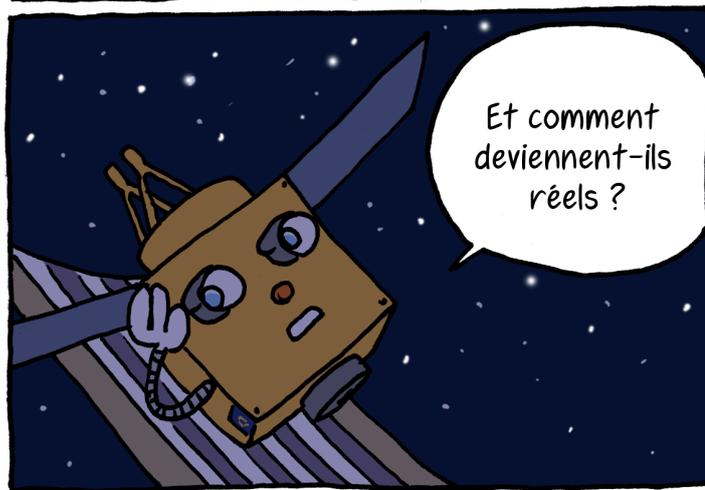
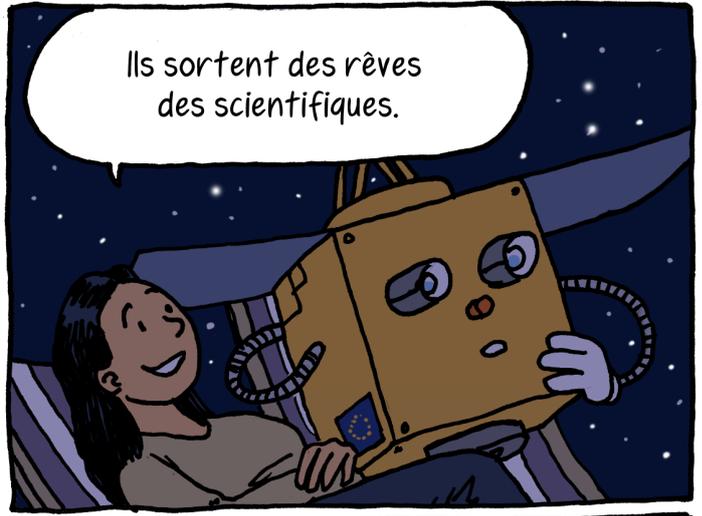


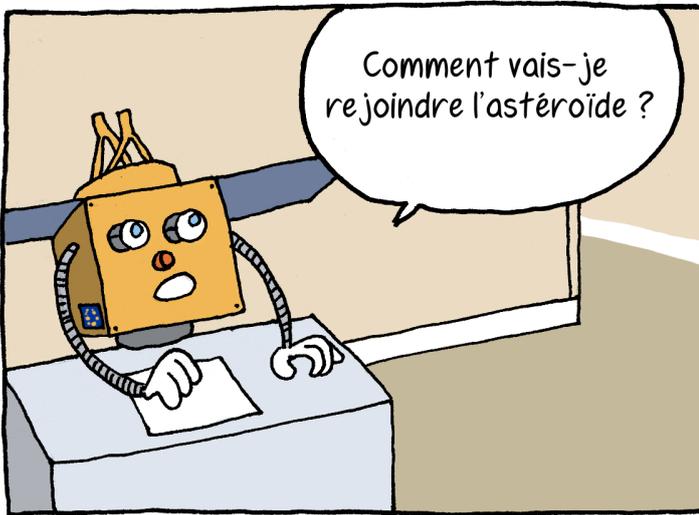
Cette bande dessinée est un exemple des actions de sensibilisation auprès du public menées dans le cadre de la mission MarcoPolo-R.

Plus d'informations sur MarcoPolo-R :  
<http://sci.esa.int/marcopolo-r>  
<http://www.oca.eu/MarcoPolo-R/>









Comment vais-je rejoindre l'astéroïde ?



Tu seras mis en orbite autour de la Terre par une fusée appelée Soyouz...

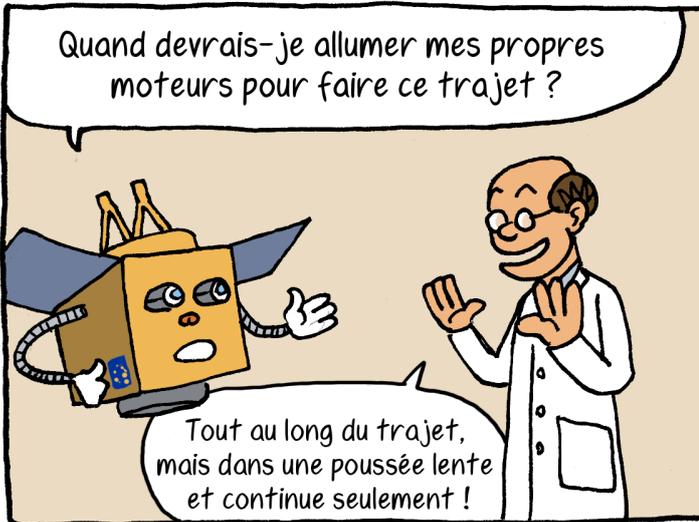


Ensuite, tu seras poussé dans l'espace interplanétaire par une fusée plus petite ...

... appelée FREGAT...

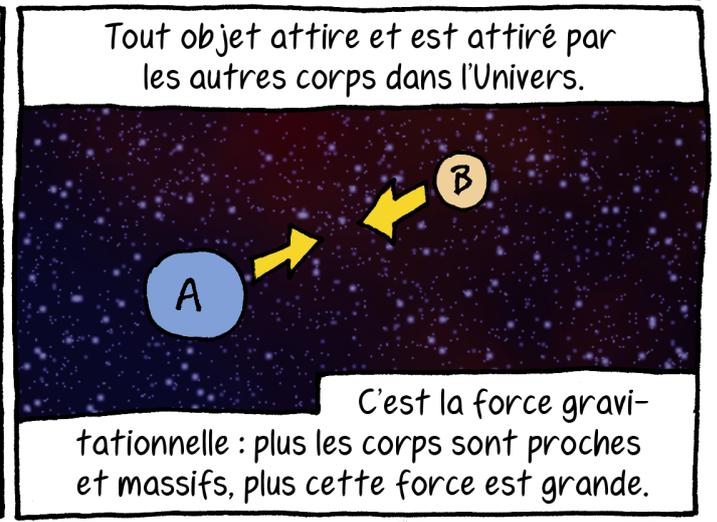


... qui te mettra sur la bonne orbite vers l'astéroïde.



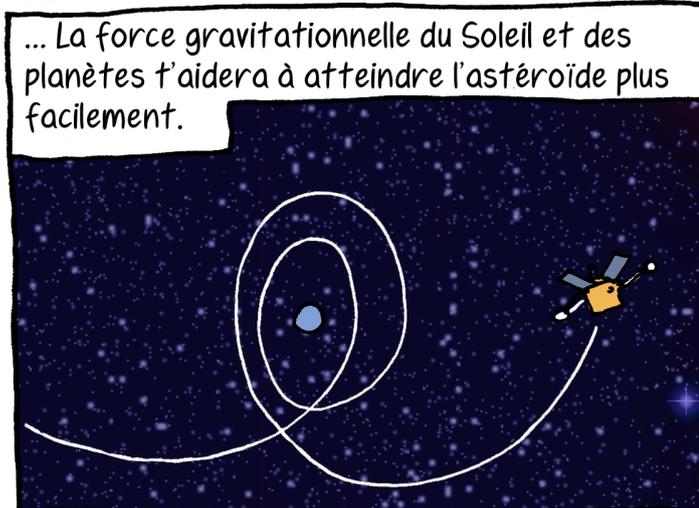
Quand devrais-je allumer mes propres moteurs pour faire ce trajet ?

Tout au long du trajet, mais dans une poussée lente et continue seulement !



Tout objet attire et est attiré par les autres corps dans l'Univers.

C'est la force gravitationnelle : plus les corps sont proches et massifs, plus cette force est grande.



... La force gravitationnelle du Soleil et des planètes t'aidera à atteindre l'astéroïde plus facilement.

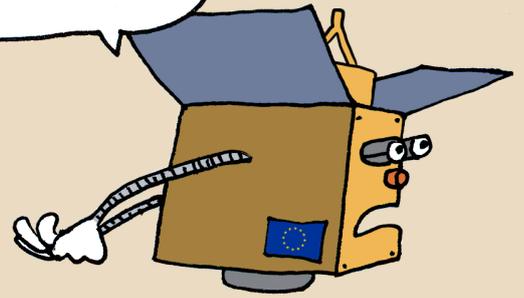


Whaou ! Tu veux dire qu'une fois sur ma trajectoire, je parcourrai des millions et des millions de kilomètres presque gratis ?

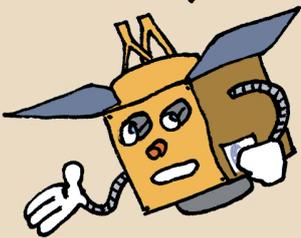
J'ai bien compris que la force gravitationnelle est un moteur naturel et universel.



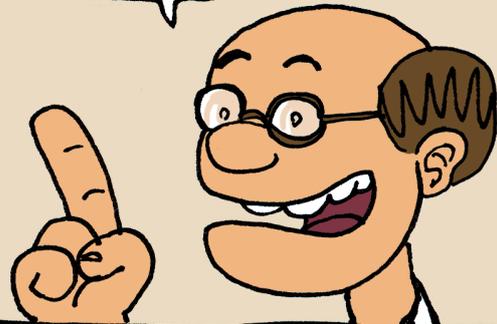
... Mais pour accomplir ma mission de retour d'échantillons de mon astéroïde, cela va prendre plus de 10 ans !



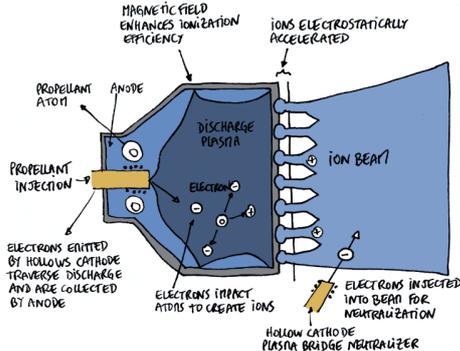
Y a-t-il un moyen d'aller plus vite ?



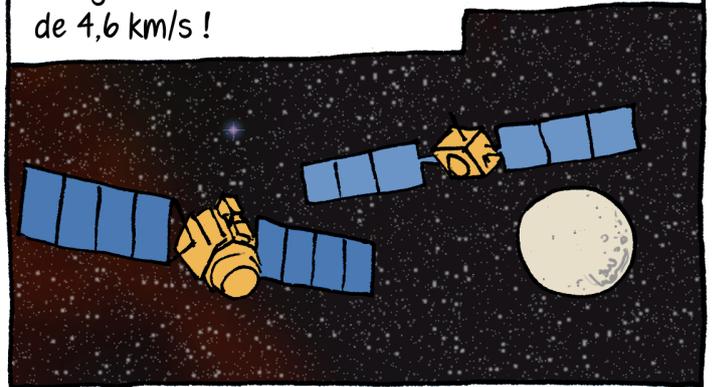
Pour accélérer ton voyage, tu peux utiliser des moteurs à propulsion électrique.



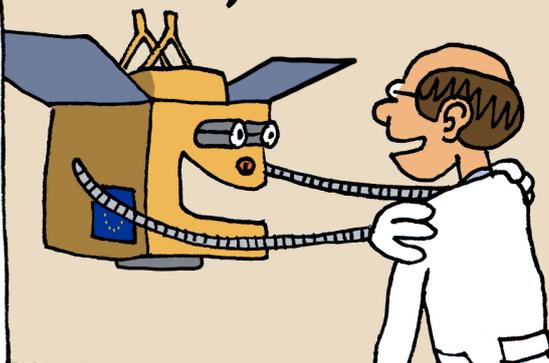
Ces moteurs éjectent de gros atomes ionisés dans un sens et, en réaction, tu accélères dans le sens opposé.



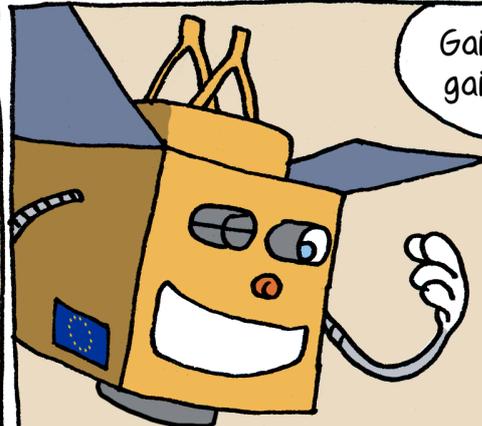
Ces moteurs ont été testés lors des missions Deep Space I et Smart I et ont permis d'augmenter la vitesse des sondes de 4,6 km/s !



Donc, je pourrai aller et revenir de mon astéroïde en moins de temps !



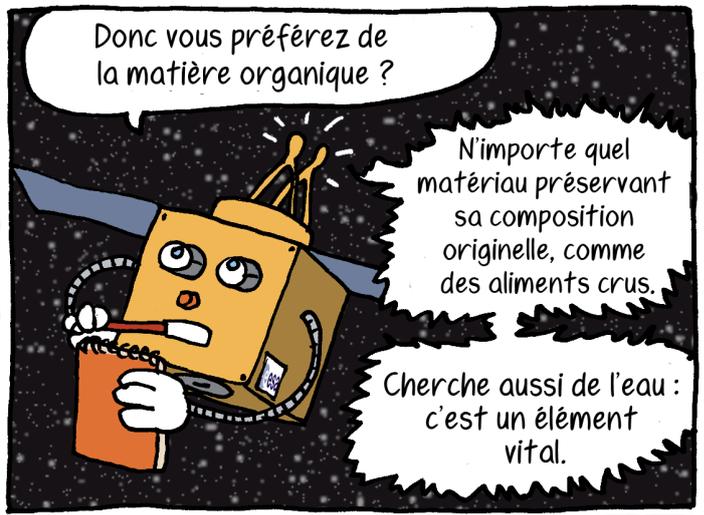
Gain de temps, gain d'argent !





OK les gars, il est temps de me donner ma liste de courses.

Que des produits naturels, nous avons choisi un magasin bio.



Donc vous préférez de la matière organique ?

N'importe quel matériau préservant sa composition originelle, comme des aliments crus.

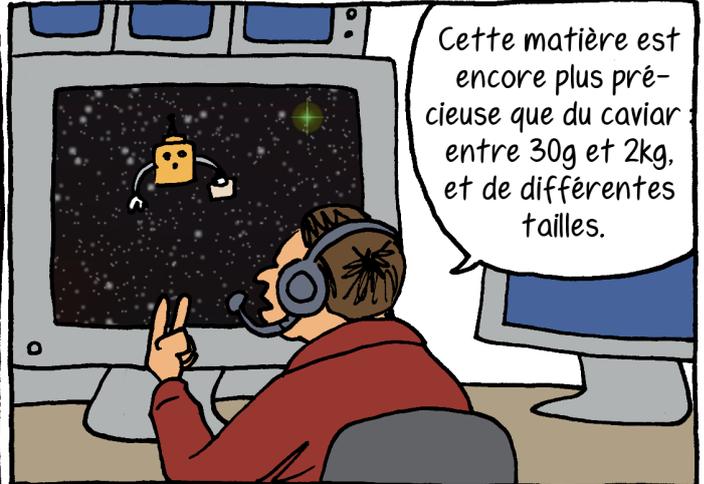
Cherche aussi de l'eau : c'est un élément vital.



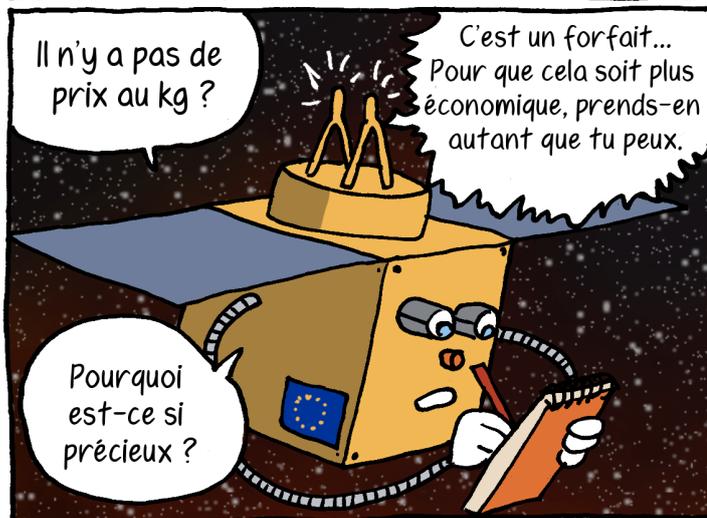
Plate ou gazeuse ?

Gazeuse ? Intéressant (... des composés volatiles !... mmmh) Prends ce qu'il y a.

OK. Et en quelle quantité ?



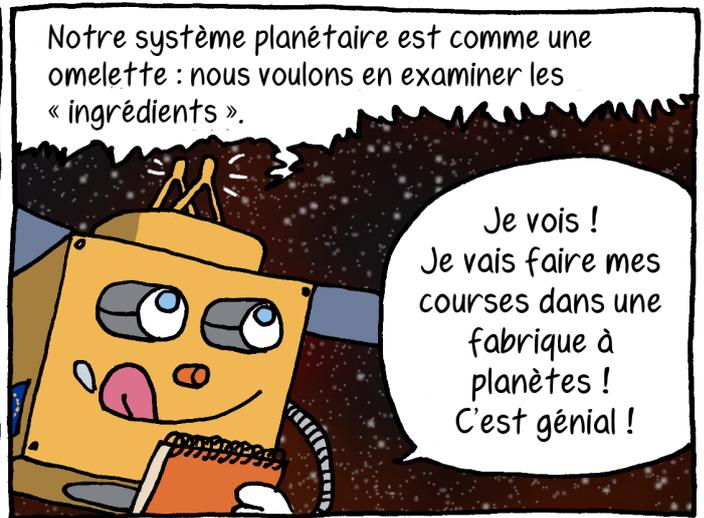
Cette matière est encore plus précieuse que du caviar entre 30g et 2kg, et de différentes tailles.



Il n'y a pas de prix au kg ?

C'est un forfait... Pour que cela soit plus économique, prends-en autant que tu peux.

Pourquoi est-ce si précieux ?



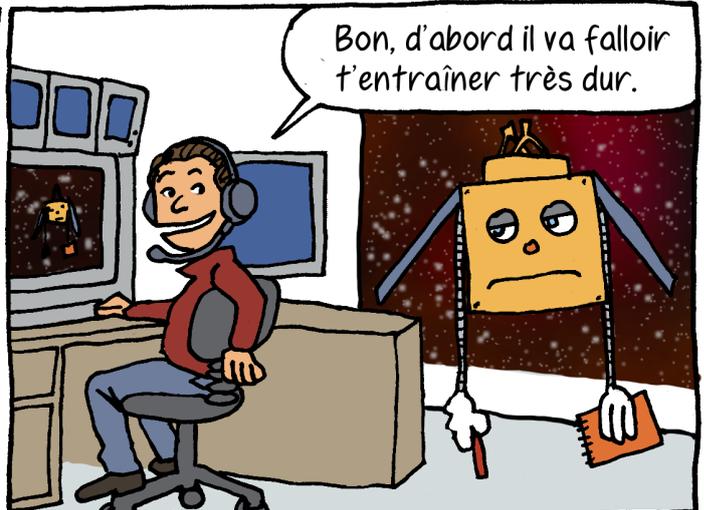
Notre système planétaire est comme une omelette : nous voulons en examiner les « ingrédients ».

Je vois ! Je vais faire mes courses dans une fabrique à planètes ! C'est génial !



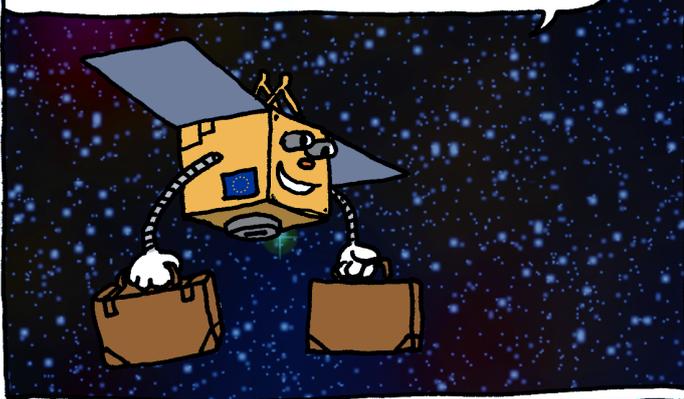
Et on y trouve sans doute aussi les ingrédients à l'origine de la vie sur Terre !

C'est trop cool ! J'ai hâte d'y aller !



Bon, d'abord il va falloir t'entraîner très dur.

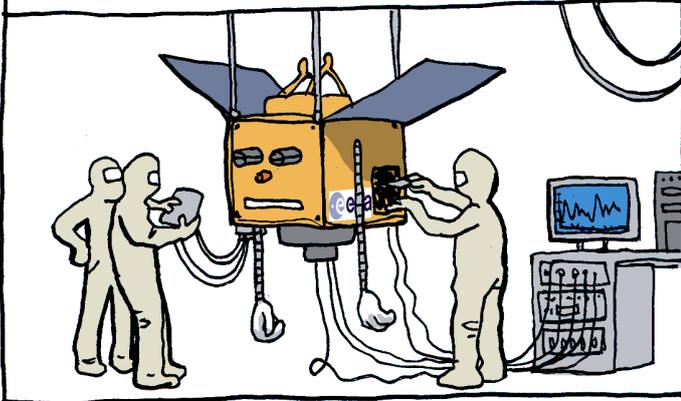
Je dois être prêt pour mon long voyage interplanétaire en 2020-21.



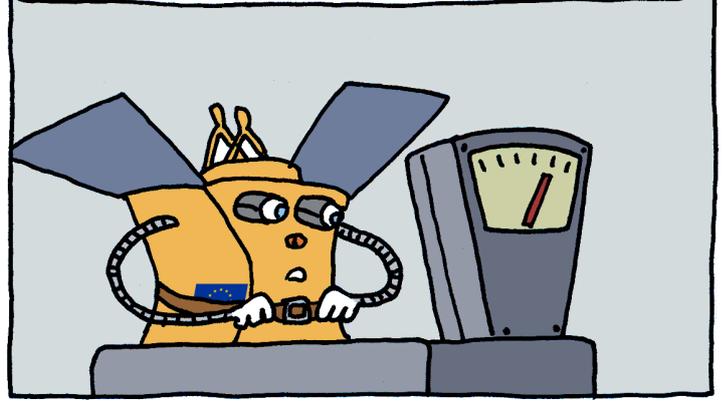
J'ai mis deux industriels en concurrence : Astrium et Thales Alenia Space.



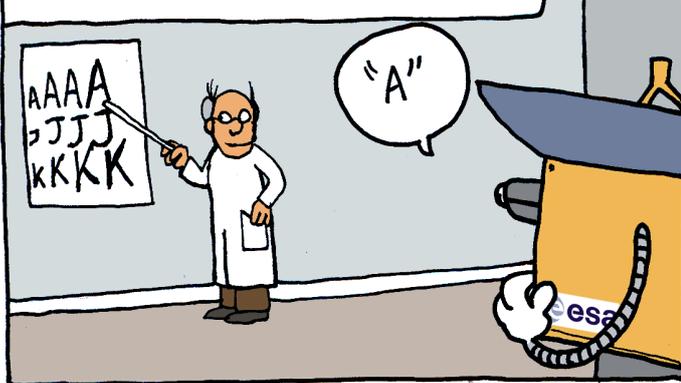
Ces industriels du spatial travaillent afin de me doter de toutes les ressources nécessaires.



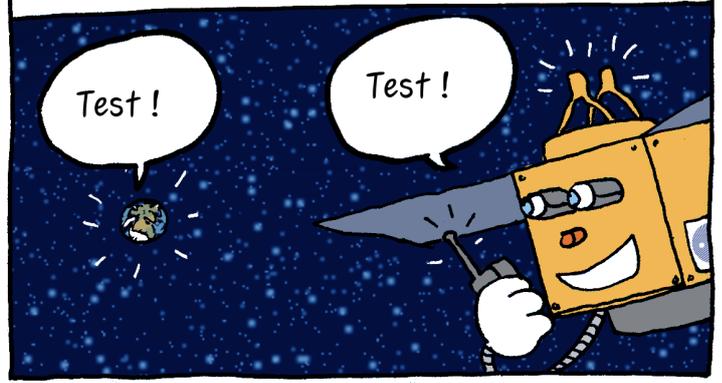
Ils doivent surveiller mon poids afin de minimiser le coût du lancement...



... concevoir mes capteurs électroniques à un haut niveau de performance...



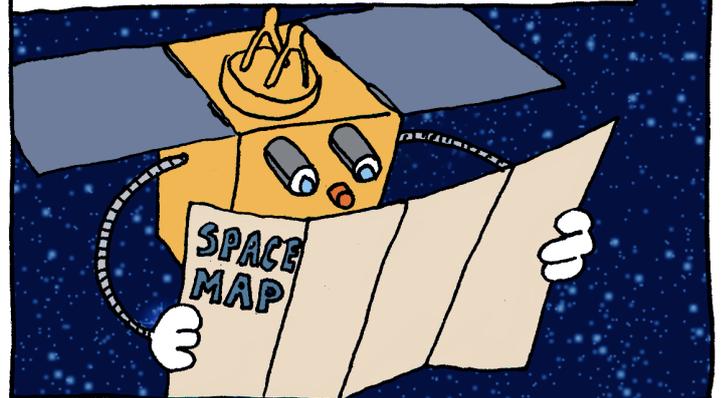
... m'apprendre à communiquer : écouter et parler à la Terre...

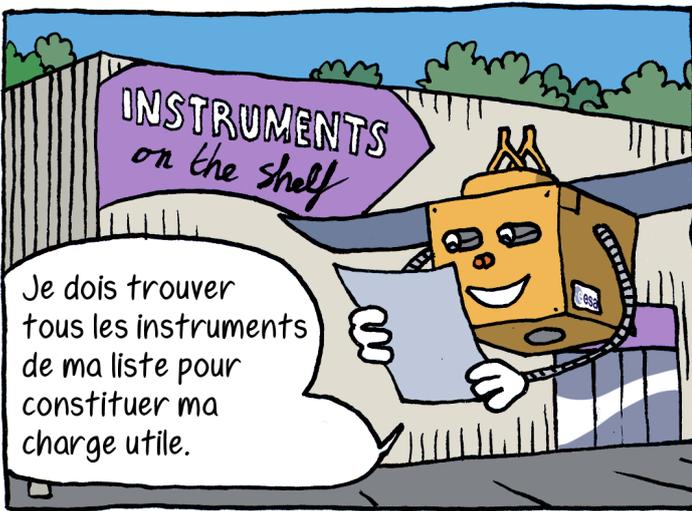


... me fournir un système de collecte d'échantillons intelligent et une capsule de retour solide...

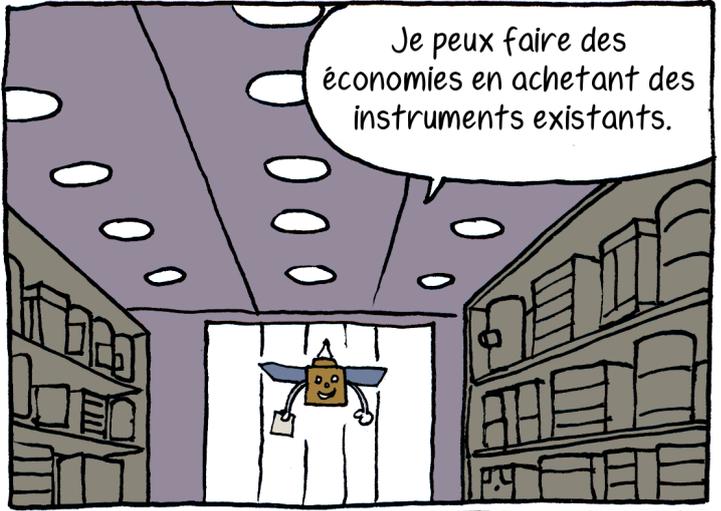


... trouver le meilleur chemin pour revenir sur Terre en toute sécurité.

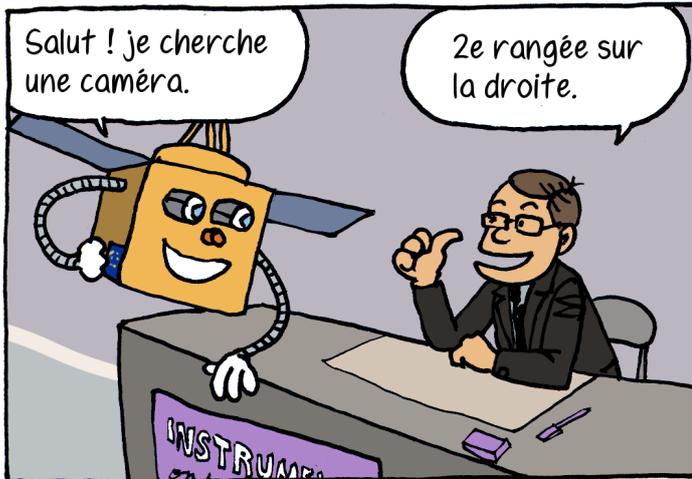




Je dois trouver tous les instruments de ma liste pour constituer ma charge utile.

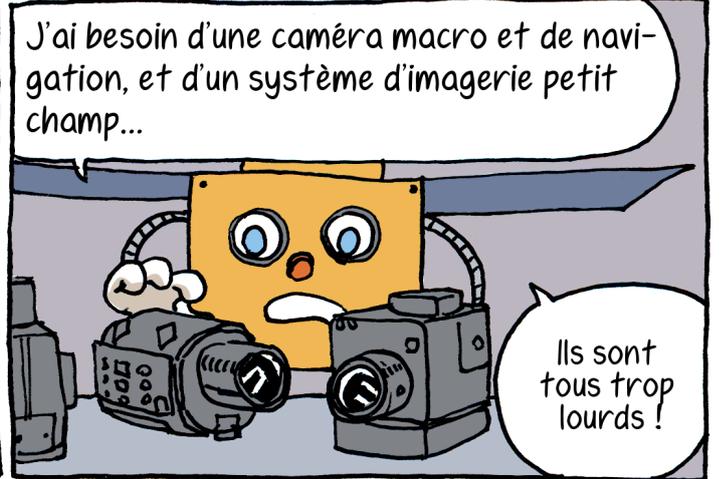


Je peux faire des économies en achetant des instruments existants.



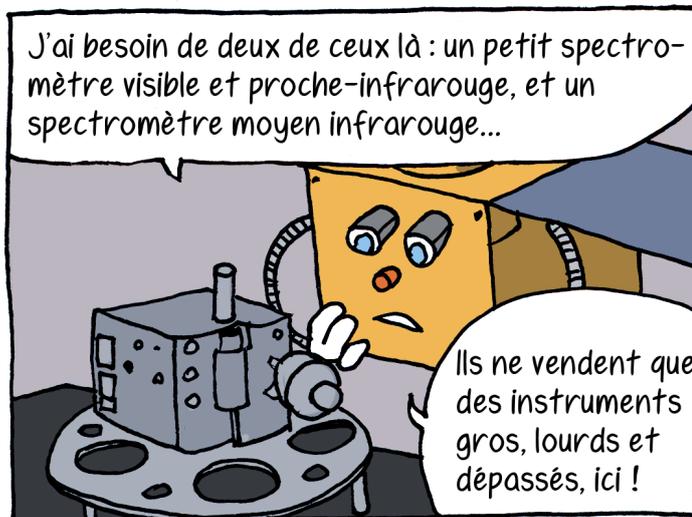
Salut ! je cherche une caméra.

2e rangée sur la droite.



J'ai besoin d'une caméra macro et de navigation, et d'un système d'imagerie petit champ...

Ils sont tous trop lourds !



J'ai besoin de deux de ceux là : un petit spectromètre visible et proche-infrarouge, et un spectromètre moyen infrarouge...

Ils ne vendent que des instruments gros, lourds et dépassés, ici !



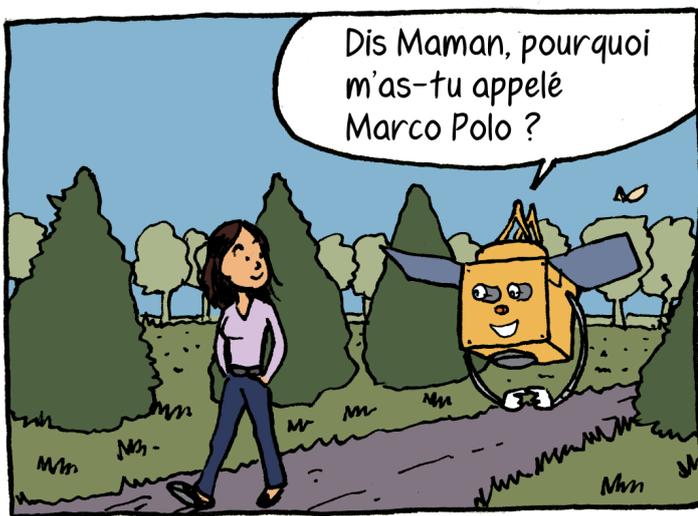
Bon sang, mais où se trouve donc le spectromètre de masse ?



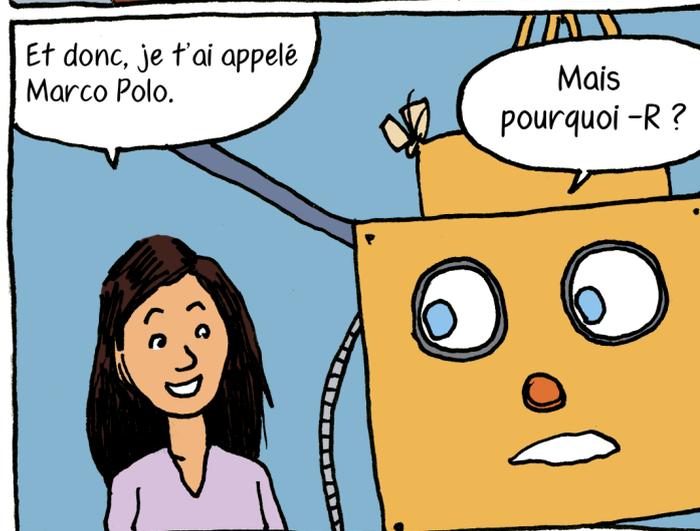
Y a-t-il quelque chose ici que je pourrais réutiliser ?

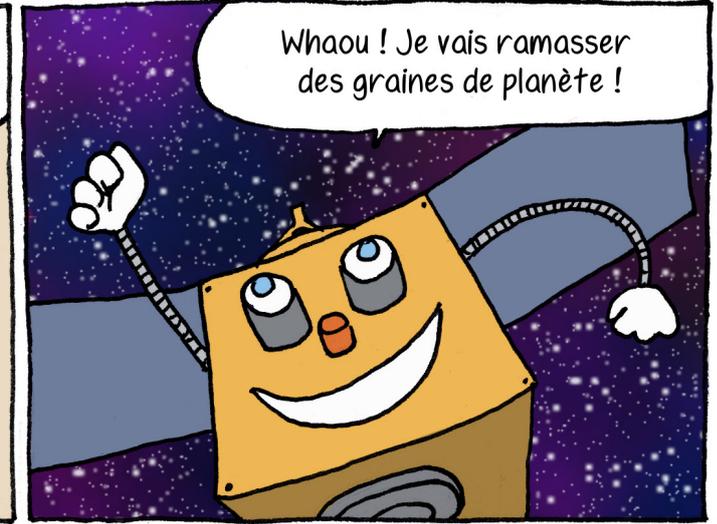
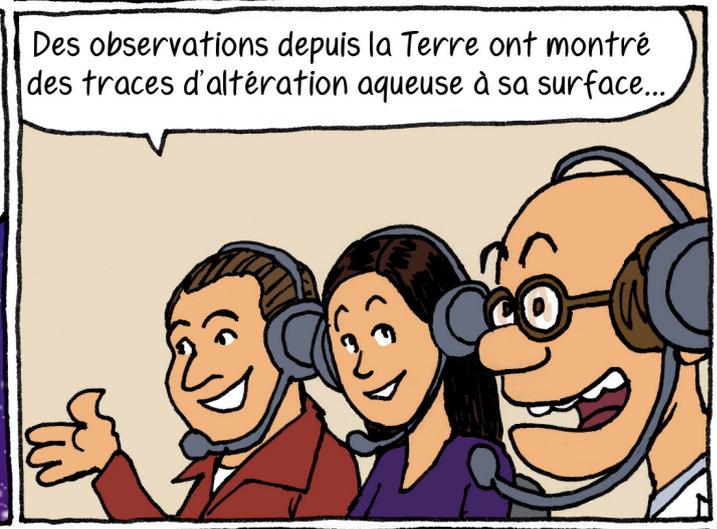


Pas top. Je vais devoir attendre l'appel d'offres ESA pour de nouveaux instruments.

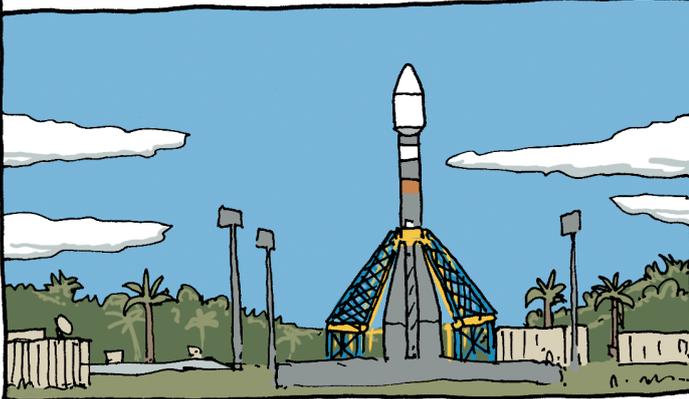


Nos collègues japonais étaient intéressés par une mission astéroïdale conjointe avec nous, les Européens...





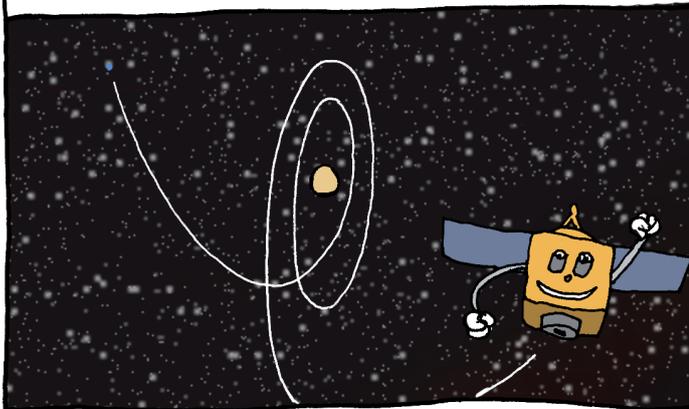
Mon voyage vers l'astéroïde binaire 2008 EV5 commencera à Kourou en Guyane.



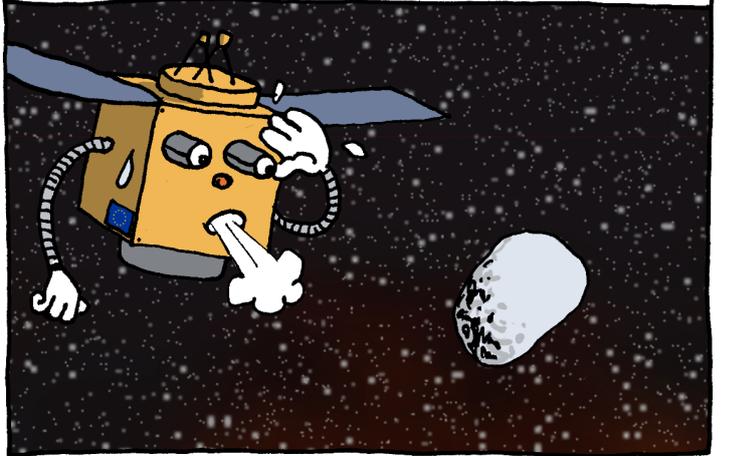
Je serai à bord d'une fusée Soyouz-FREGAT qui me mettra sur ma route.



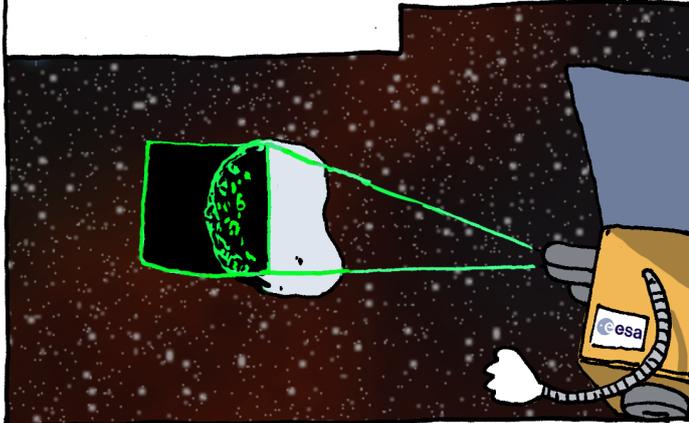
Pour accélérer et atteindre l'astéroïde, j'aurai besoin de l'aide de la Terre.



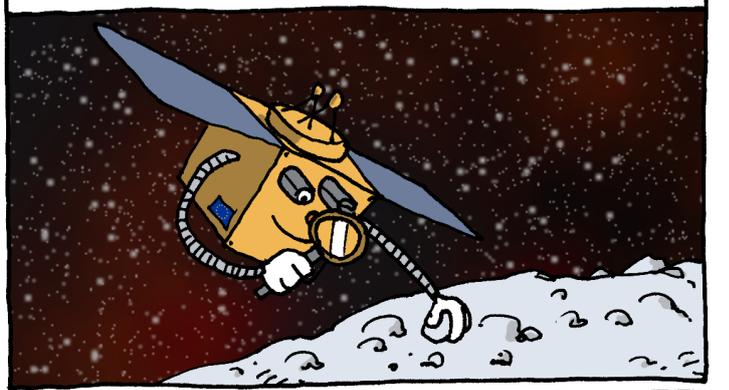
J'atteindrai 2008 EV5 au bout de deux ans.



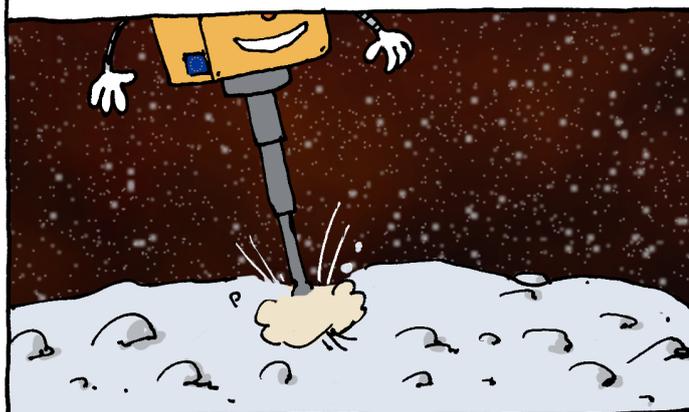
Je ferai son étude complète en six mois.



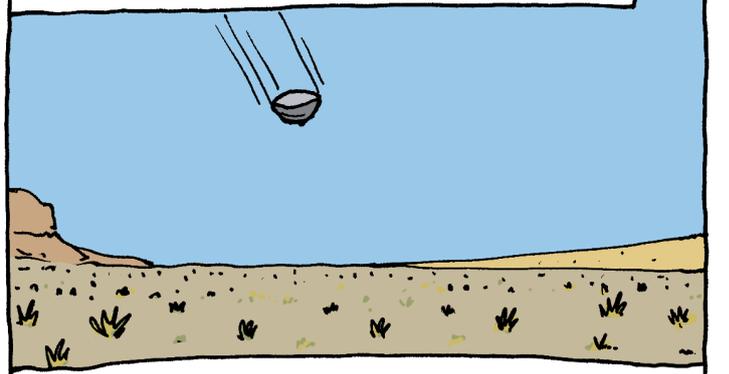
... Ainsi je pourrai choisir où récupérer les précieux échantillons à ramener.



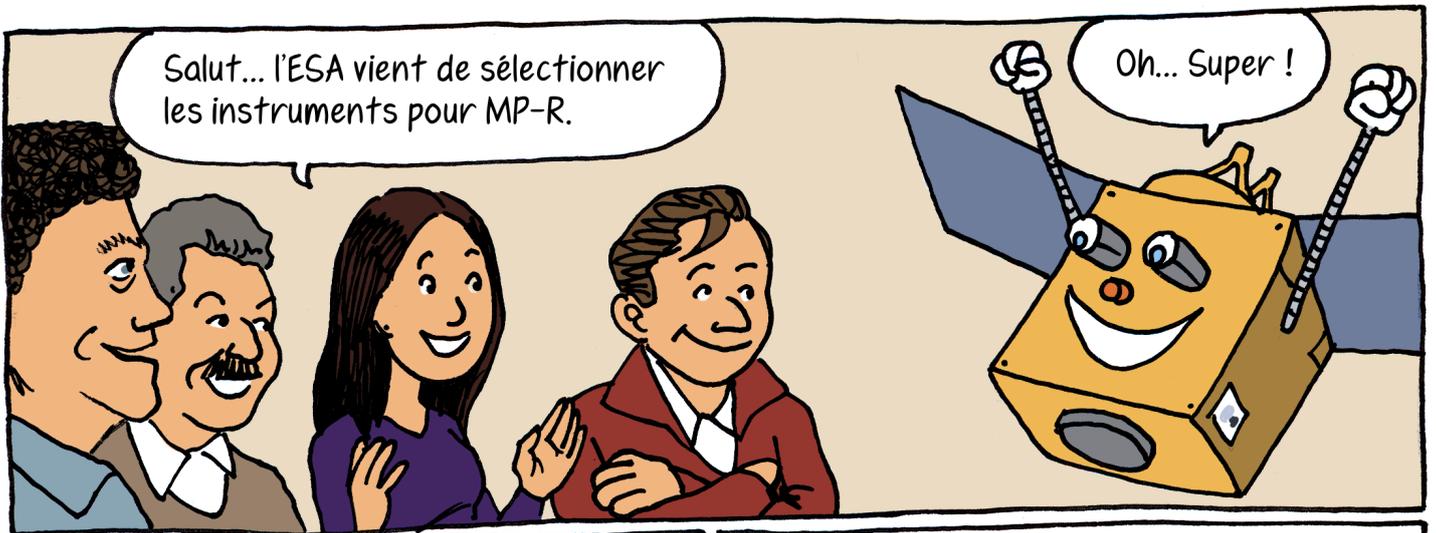
... Alors, très vite, je prélèverai beaucoup de grains, en effleurant rapidement la surface.



Et enfin, je reviendrai livrer ma capsule de rentrée contenant les échantillons...



... dans un désert accueillant.



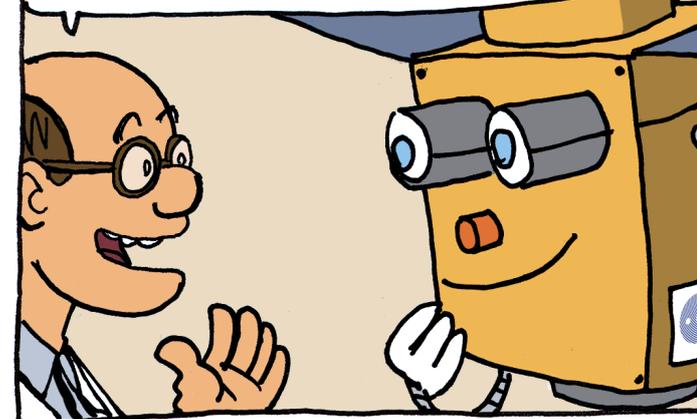
L'ESA a reçu plusieurs propositions d'instruments nouveaux et de grande qualité. Elle en a retenu six.



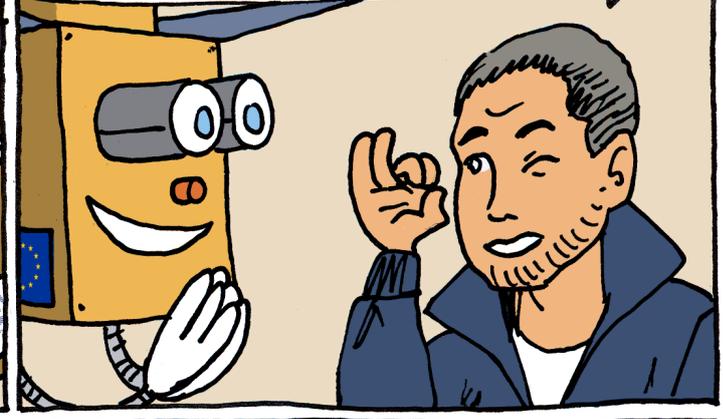
Avec la sélection de la charge utile, nous pouvons atteindre les objectifs scientifiques de la mission.



Tu as la caméra pour faire la cartographie globale et locale de l'astéroïde...



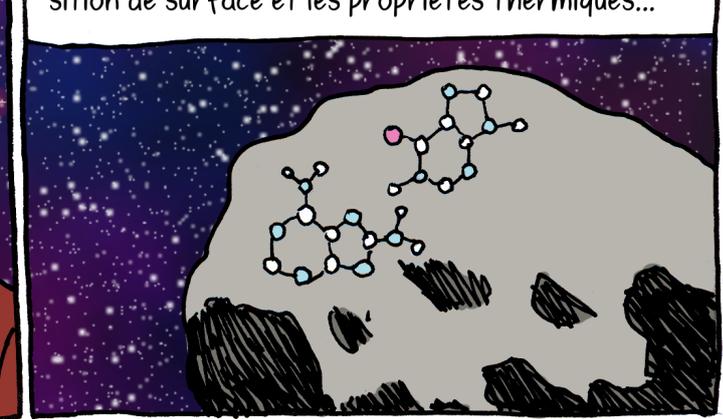
La caméra macro pour voir où seront prélevés les échantillons...

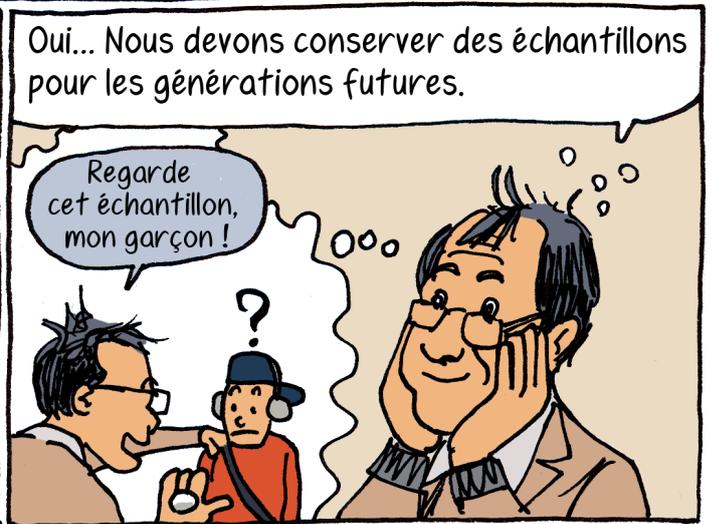
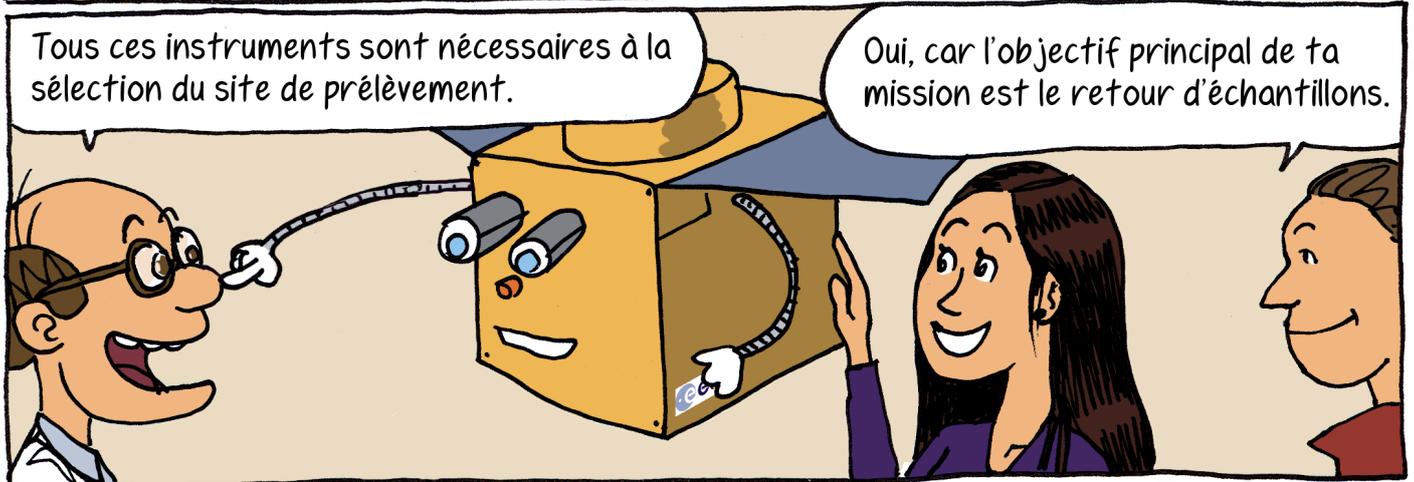
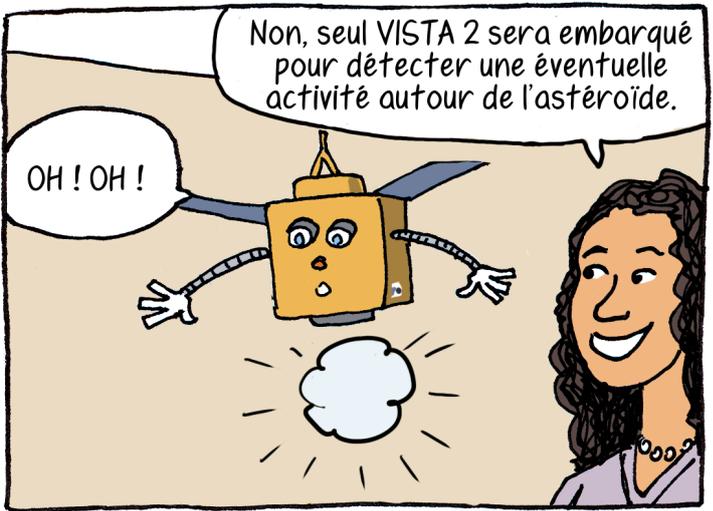
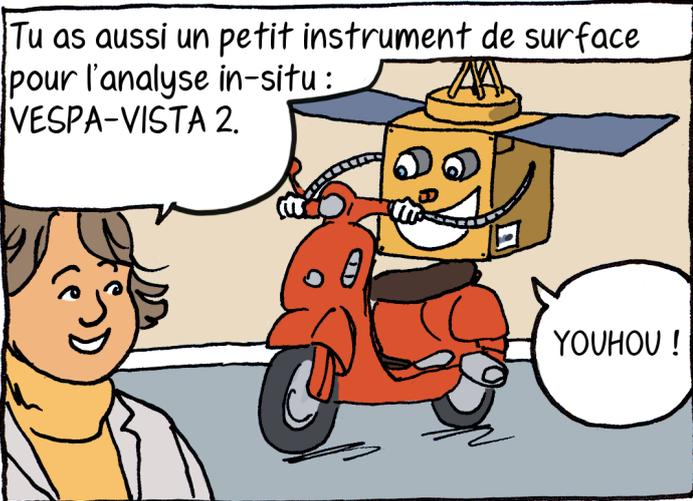


L'expérience radio pour déterminer la masse de l'astéroïde...

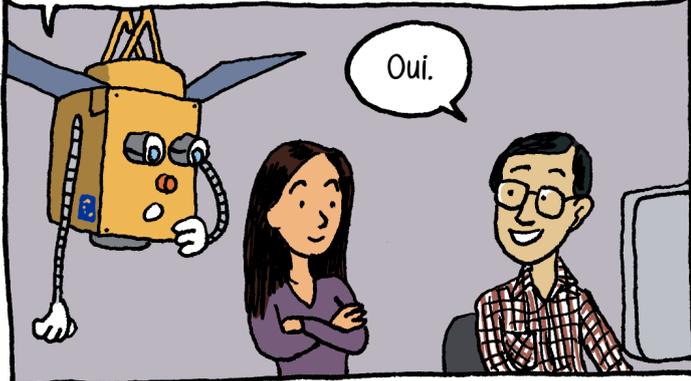


Le spectromètre visible et proche-infrarouge et le spectromètre moyen infrarouge pour la composition de surface et les propriétés thermiques...



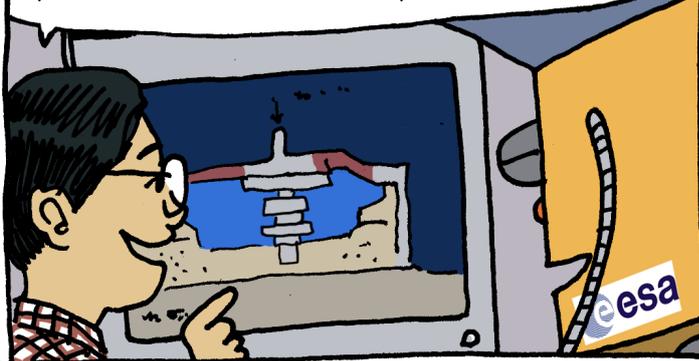


Mon amie m'a dit que tu es en train de travailler pour moi aux E-U, sur un système de collecte d'échantillons.

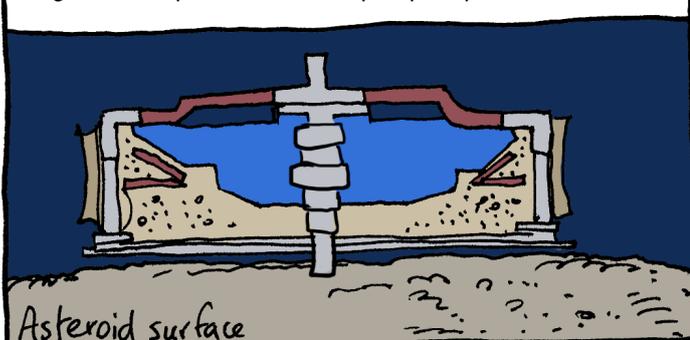


Oui.

Pour ramener des échantillons d'astéroïde, nous mettons au point un projectile afin de pulvériser les surfaces les plus dures...



Et en utilisant un courant d'air neutre, nous pouvons récupérer jusqu'à quelques centaines de grammes de grains de poussières et quelques petits cailloux.



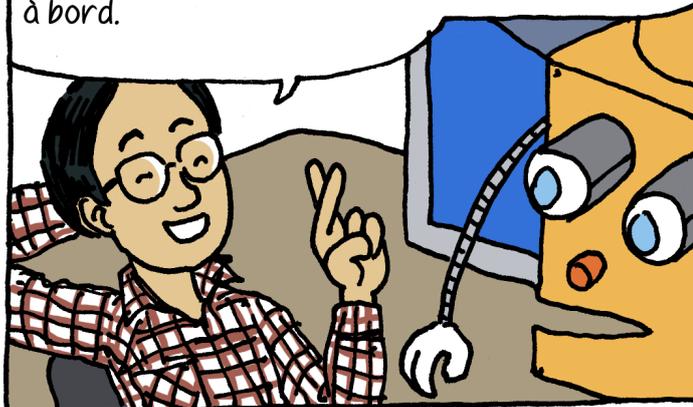
Asteroid surface

Impressionnant ! Et qui va choisir le système de collecte pour ma charge utile ?

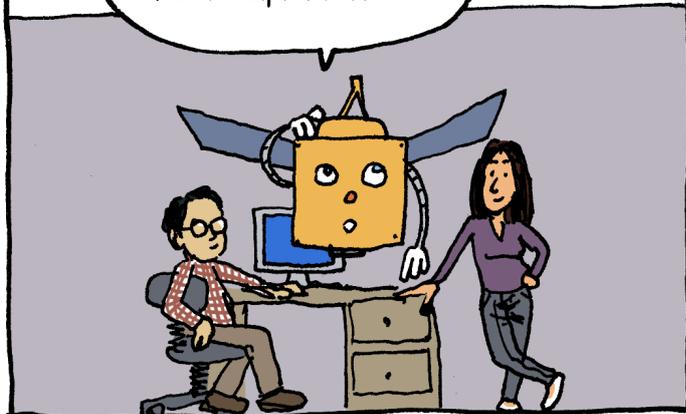


L'ESA, en dernier ressort.

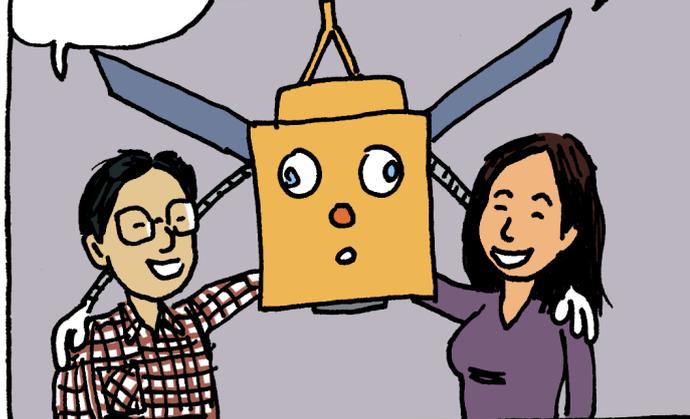
Nous espérons que la NASA et l'ESA vont pouvoir collaborer et que notre instrument sera à bord.



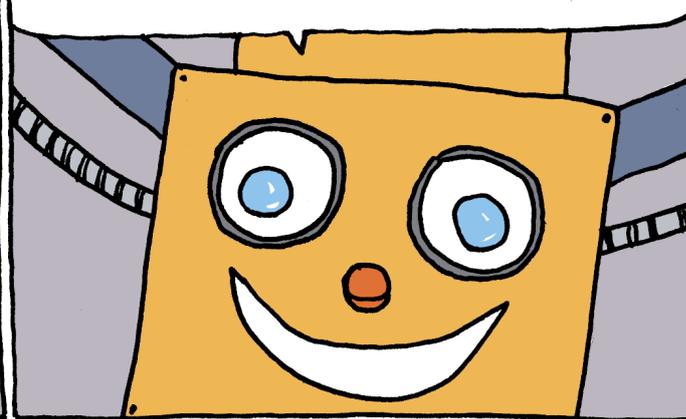
C'est une affaire de haute diplomatie !

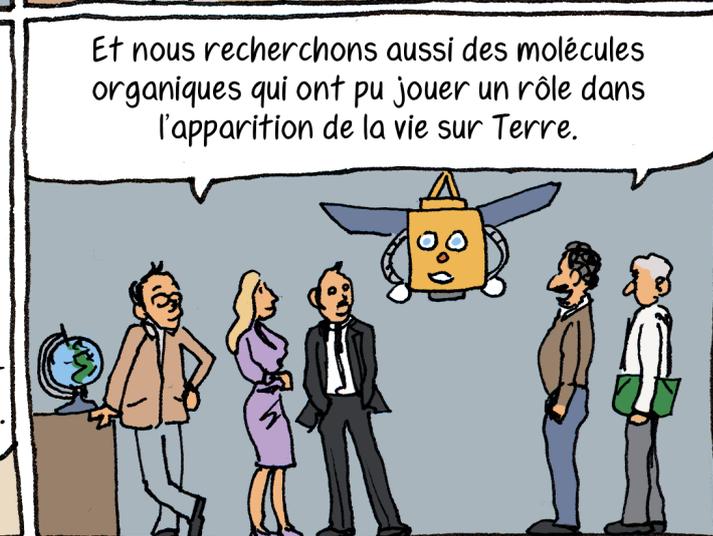
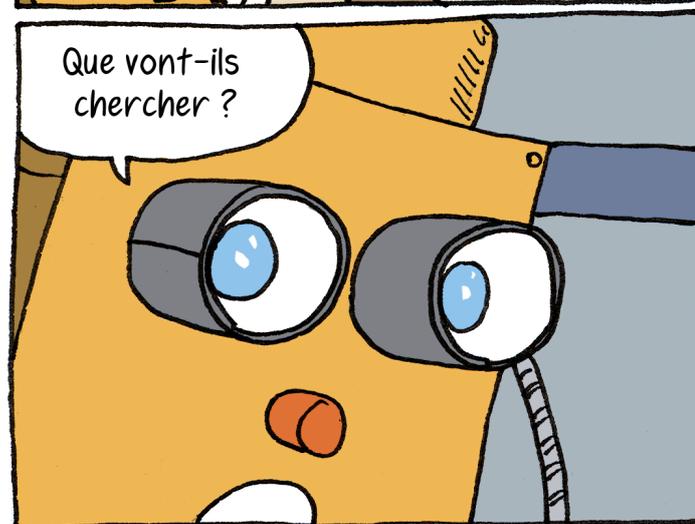
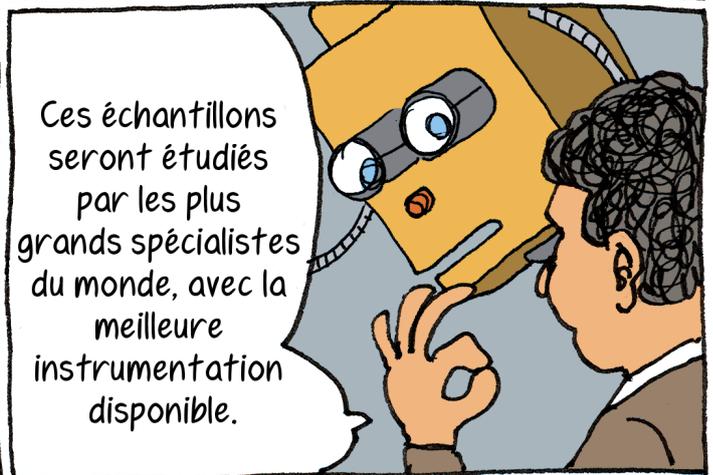
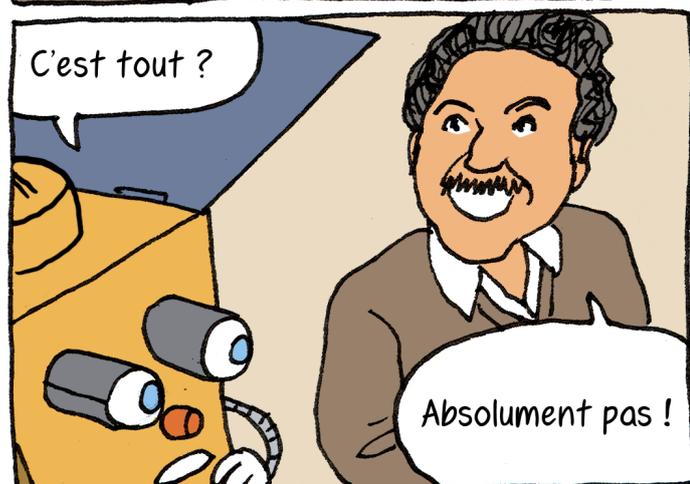
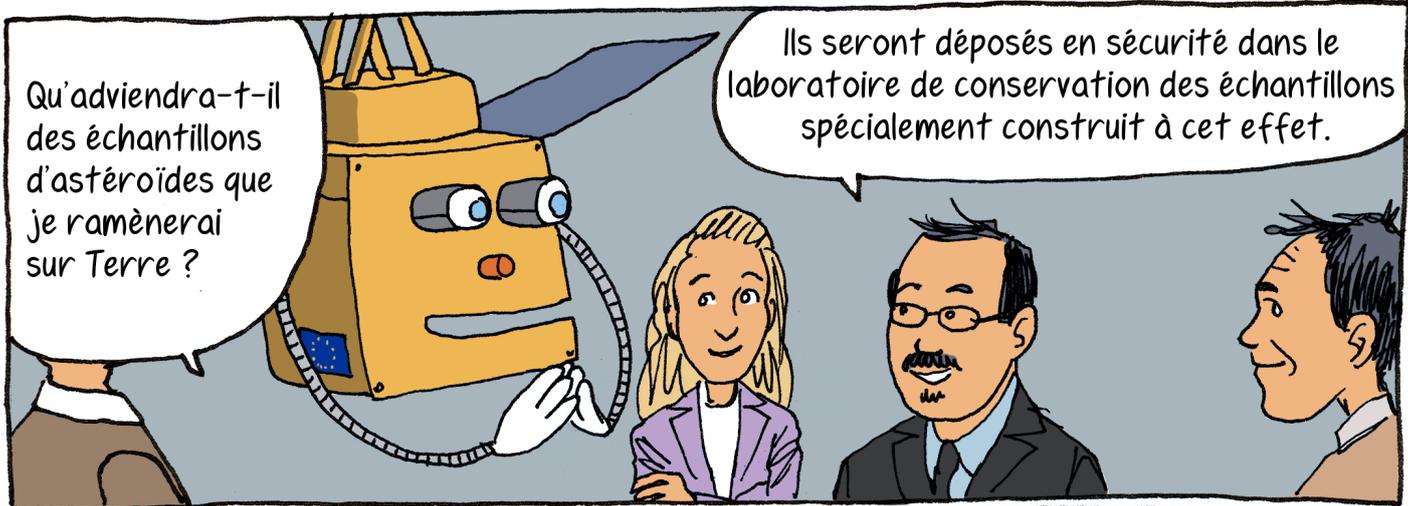


Tu ne peux pas imaginer à quel point c'est vrai !



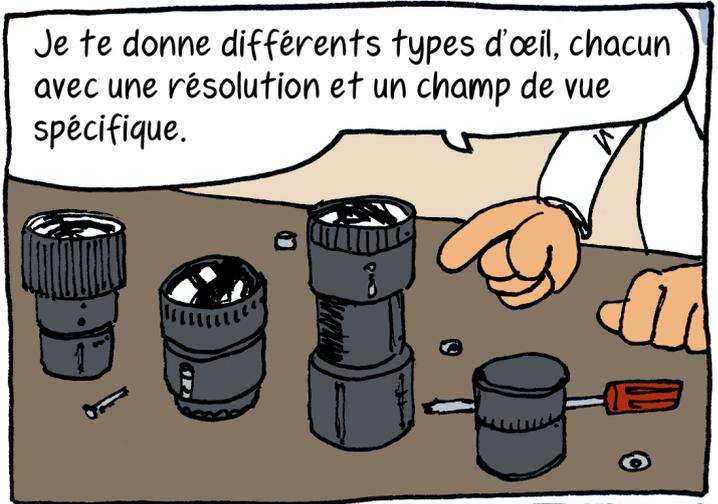
J'aimerais accueillir les Américains et partager avec eux mes aventures.







Comment puis-je voir l'astéroïde ?



Je te donne différents types d'œil, chacun avec une résolution et un champ de vue spécifique.



« CUC », la caméra macro, te permettra de voir de très fins détails, dans des régions particulières de la surface.

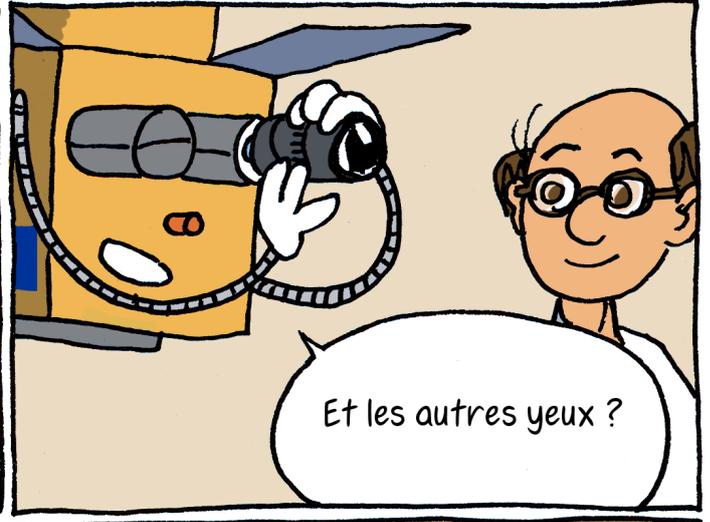


Pour quoi faire ?

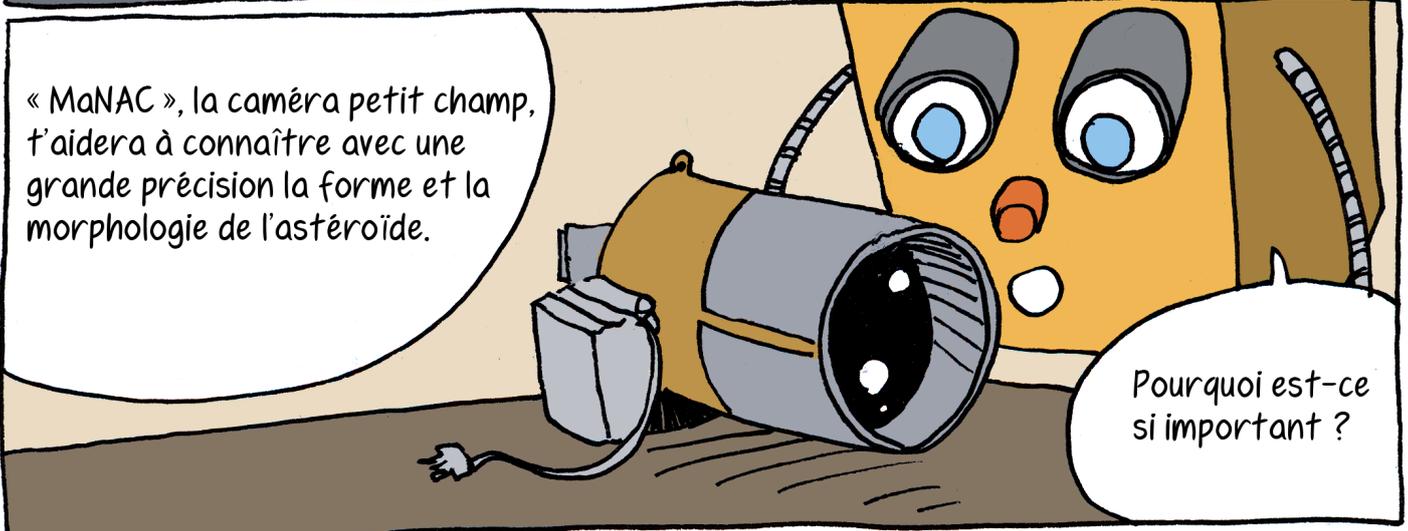


Il nous faut connaître avec précision l'environnement géologique où sera prélevé l'échantillon.

Je vois.



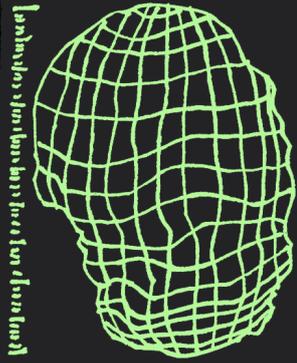
Et les autres yeux ?



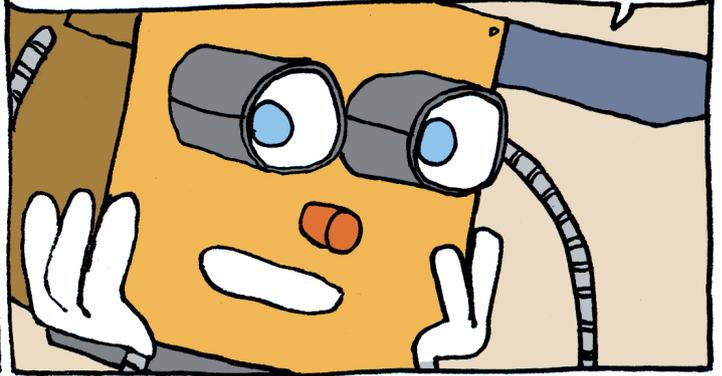
« MaNAC », la caméra petit champ, t'aidera à connaître avec une grande précision la forme et la morphologie de l'astéroïde.

Pourquoi est-ce si important ?

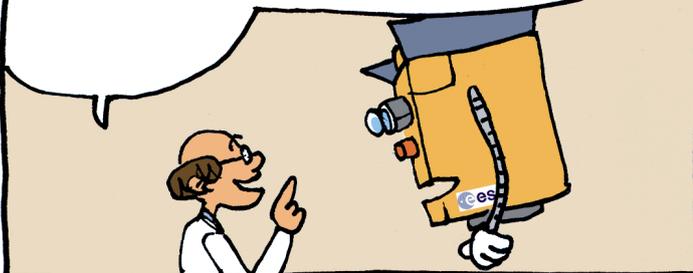
Parce que, avec l'information de la masse et de la forme de l'astéroïde, nous pouvons déduire sa densité.



Mais un astéroïde est rocheux, or nous connaissons plus ou moins la densité d'une roche.



Oui mais si la densité est très faible, cela implique qu'il doit y avoir des creux à l'intérieur de l'astéroïde.



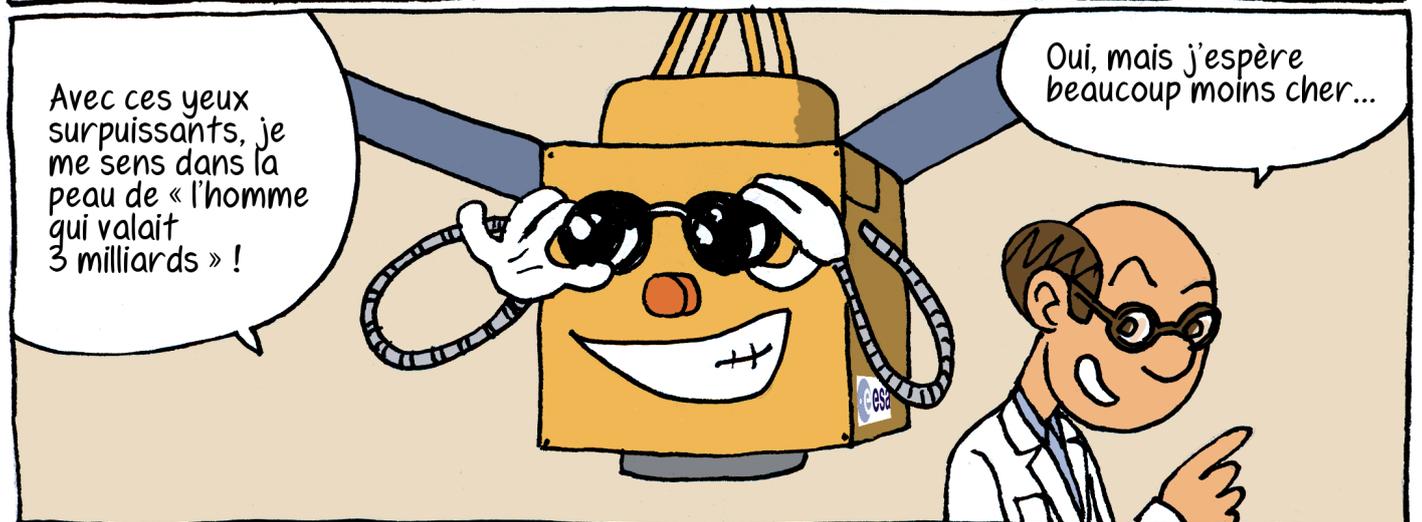
Donc, c'est un moyen de sonder l'intérieur de l'astéroïde sans le voir !

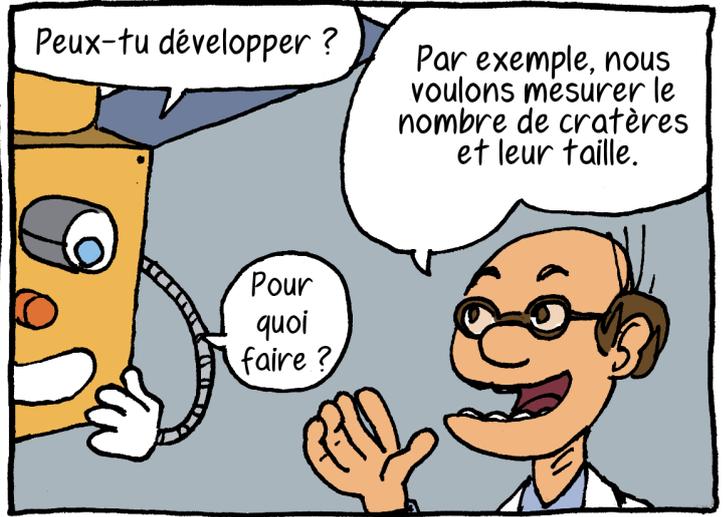


Et « MaNAC » nous donnera aussi des images détaillées de tous les cratères et rochers à la surface !



Avec ces yeux surpuissants, je me sens dans la peau de « l'homme qui valait 3 milliards » !

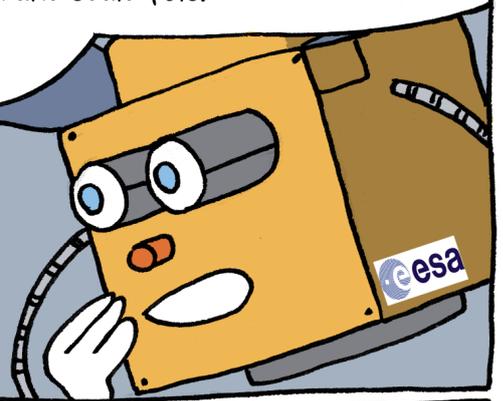




Sais-tu ce qu'est un spectro-imageur comme MARIS\*, qui fait partie de ton instrumentation ?

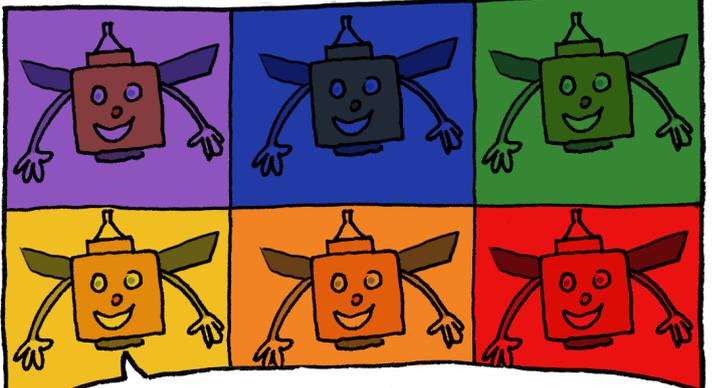


C'est une sorte de caméra qui prend plein d'images en une seule fois. C'est ça ?



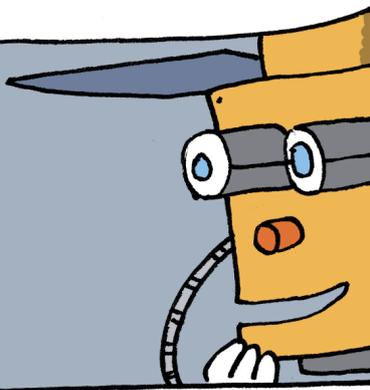
\* Marco Polo Image Spectrometer

Oui, presque ! En réalité, l'image est toujours la même mais prise dans différentes couleurs (en fait des longueurs d'onde)

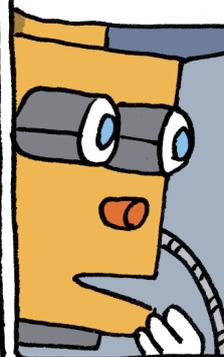


Whaou ! Que fais-tu avec ça ?

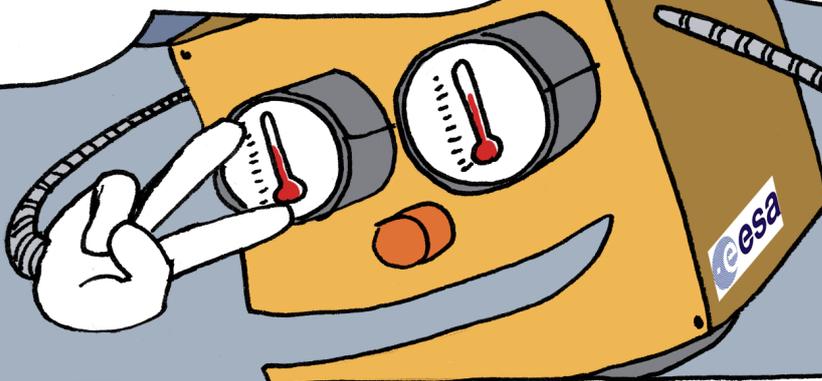
Chaque « couleur » (il peut y en avoir plus de 400) contient des informations sur la composition de l'astéroïde.



Et le spectromètre thermique « THERMAP » te donne les cartes de température de l'astéroïde.

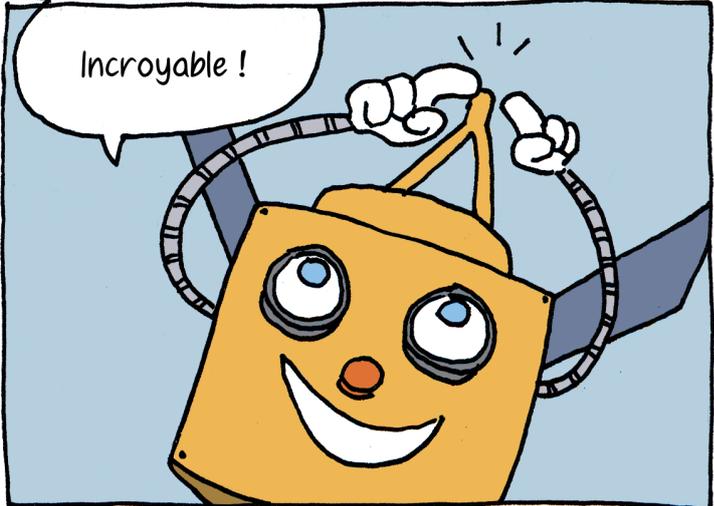
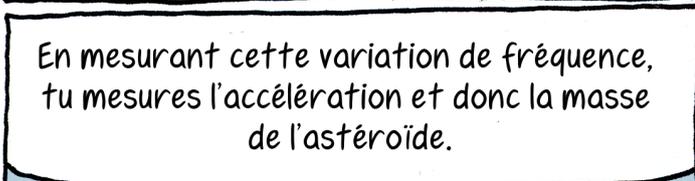
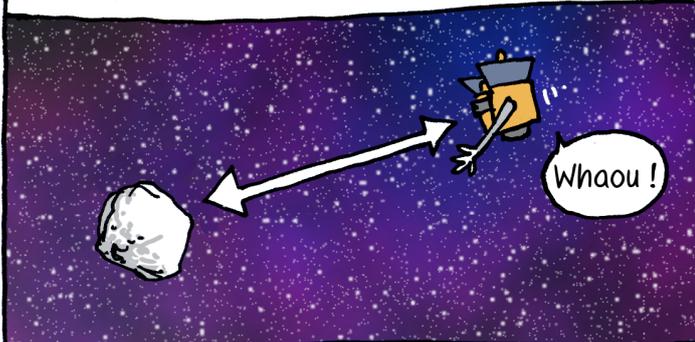
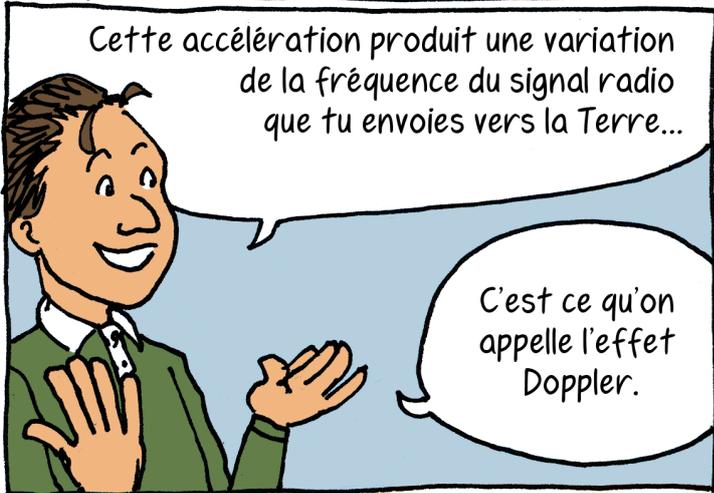
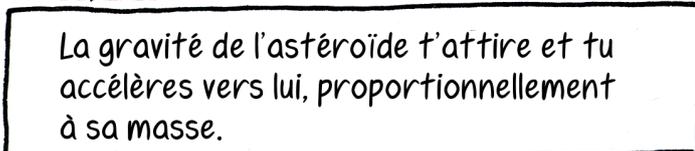
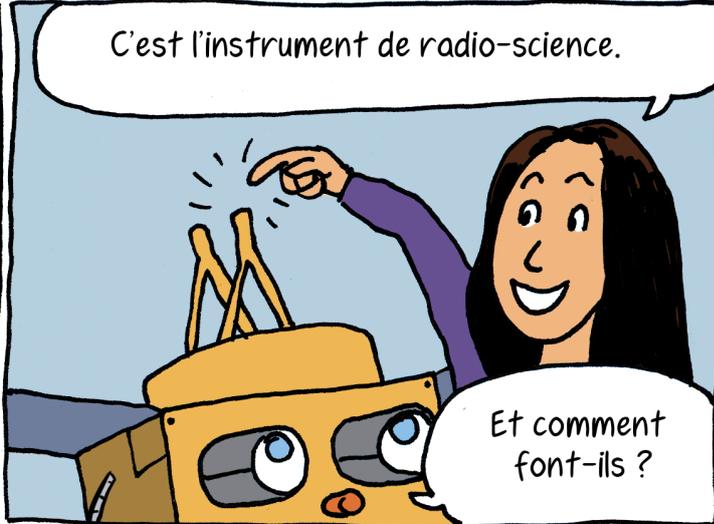
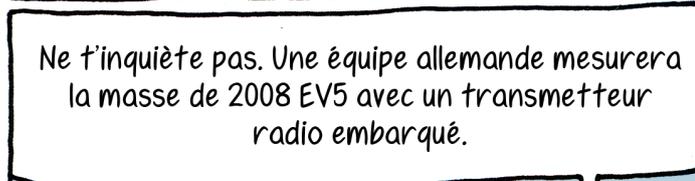
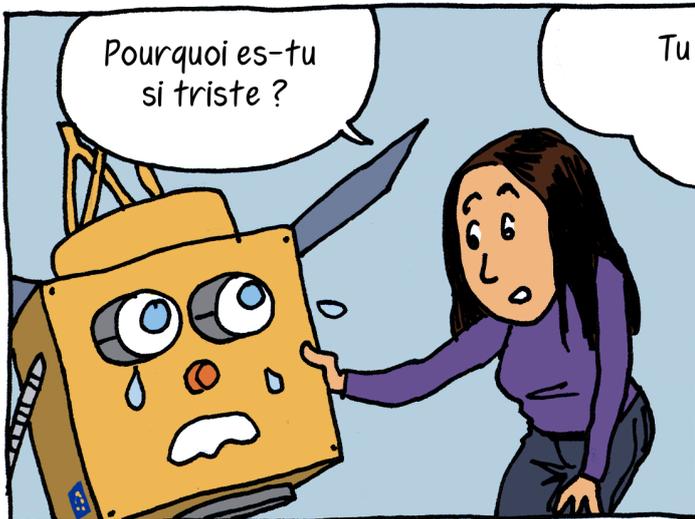


Incroyable ! Mes yeux feront office d'analyseurs minéralogiques...



Et de thermomètres en même temps !





Salut MP-R ! Voici un cadeau pour toi de la part du Japon : un LIDAR flambant neuf.

Merci beaucoup ! Mais... à quoi sert un LIDAR ?



LIDAR\* signifie en anglais « détection de lumière et mesure de distance ». Il peut mesurer la distance entre toi et l'astéroïde avec une précision de quelques mètres.

\*Light Detection and Ranging



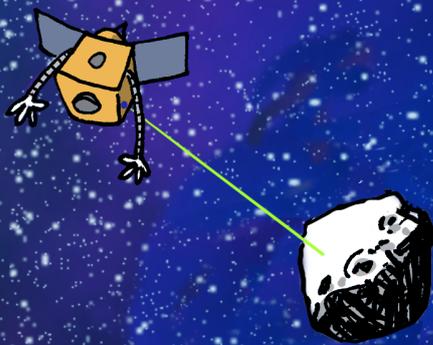
Whaou !  
Fantastique, merci !  
Donc, je pourrai savoir exactement quand je toucherai la surface de 2008 EV5.



Oui. C'est vital dans ta mission pour les opérations de Guidage, Navigation et Contrôle (GNC) lors des phases d'approche et de collecte à la surface.

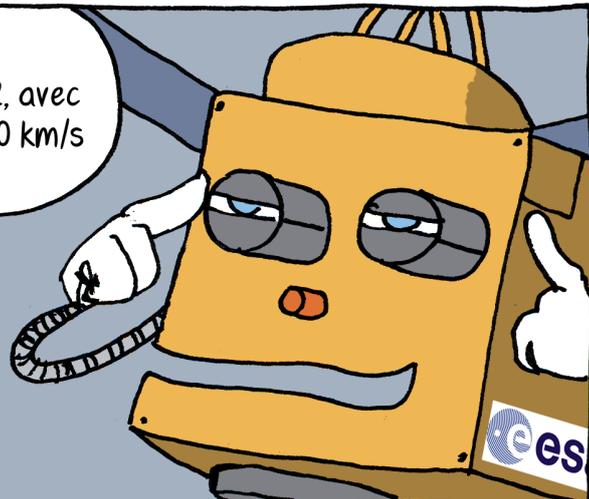


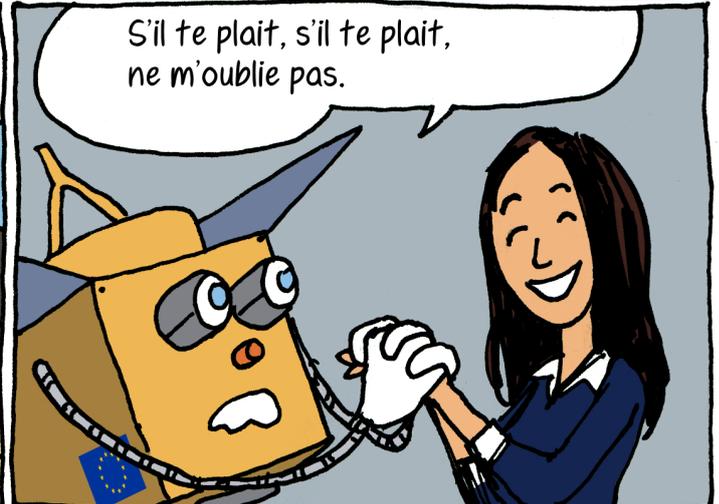
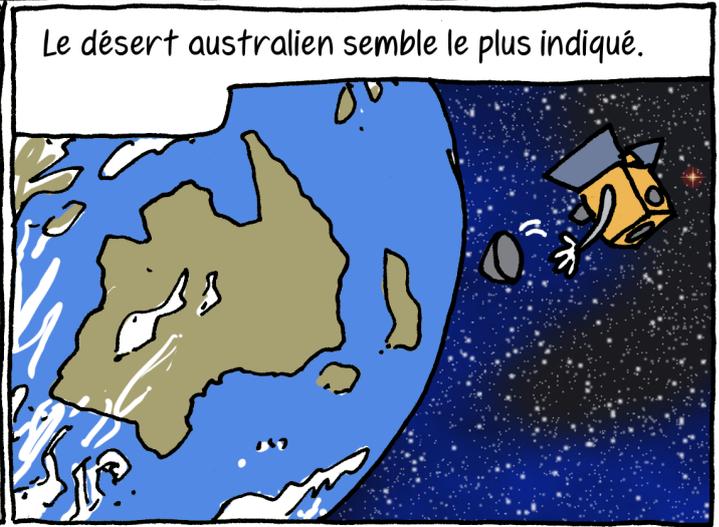
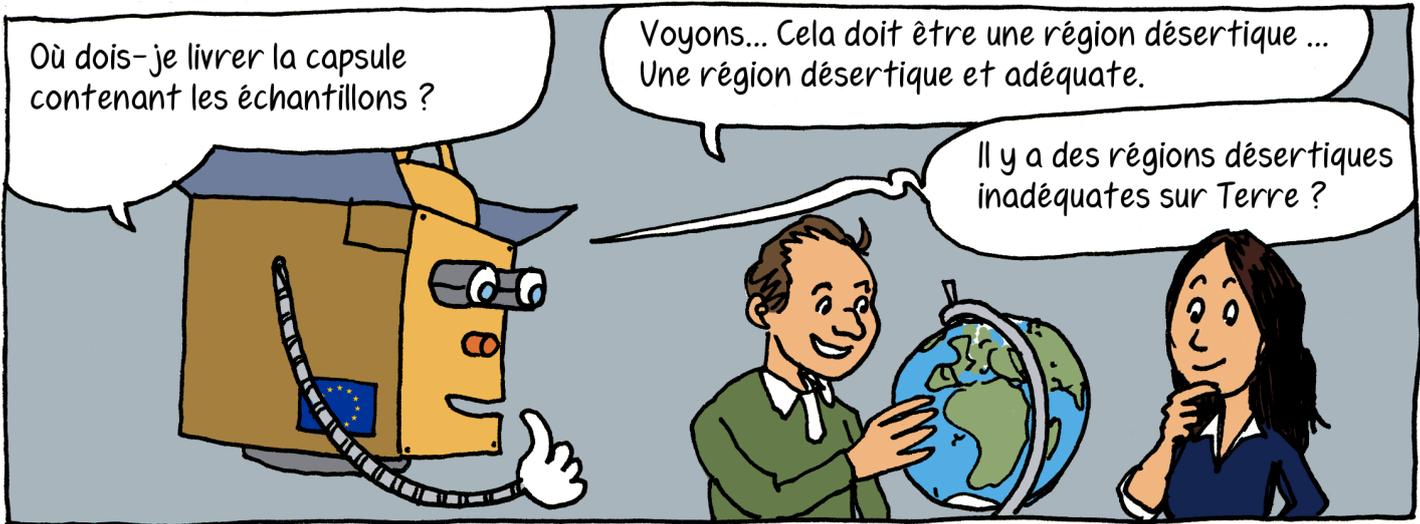
Comment fonctionne le LIDAR ?

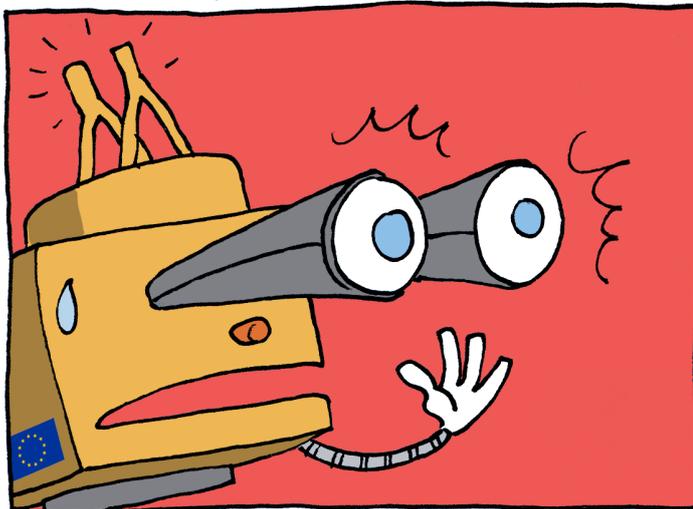


Un rayon laser est envoyé vers l'astéroïde et tu mesures le temps mis par la lumière pour rebondir à la surface et revenir vers toi. Le rayon laser voyage le double de ta distance à l'astéroïde, à la vitesse de la lumière.

OK, je comprends. Donc,  
 $distance = (vitesse \times temps) / 2$ , avec  
vitesse de la lumière = 300 000 km/s





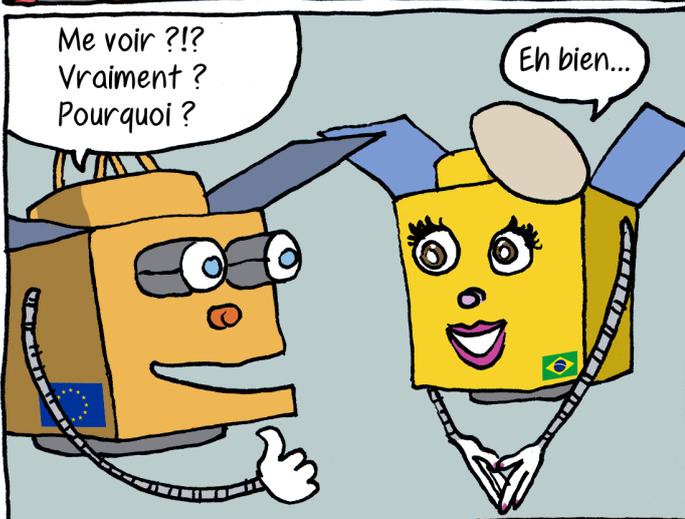


Salut ! Je suis Brasat. Je viens de Rio pour te voir.



Me voir ???  
Vraiment ?  
Pourquoi ?

Eh bien...



Je serais ravie d'aller avec toi visiter  
2008 EV5. S'il te plait, emmène-moi !

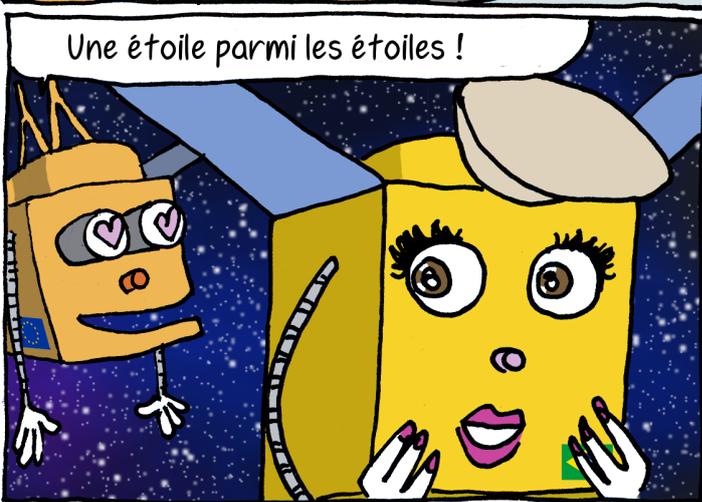


Pourquoi t'intéresses-tu au retour  
d'échantillons d'un astéroïde ?

J'ai besoin d'apprendre  
comment aller vers les étoiles.



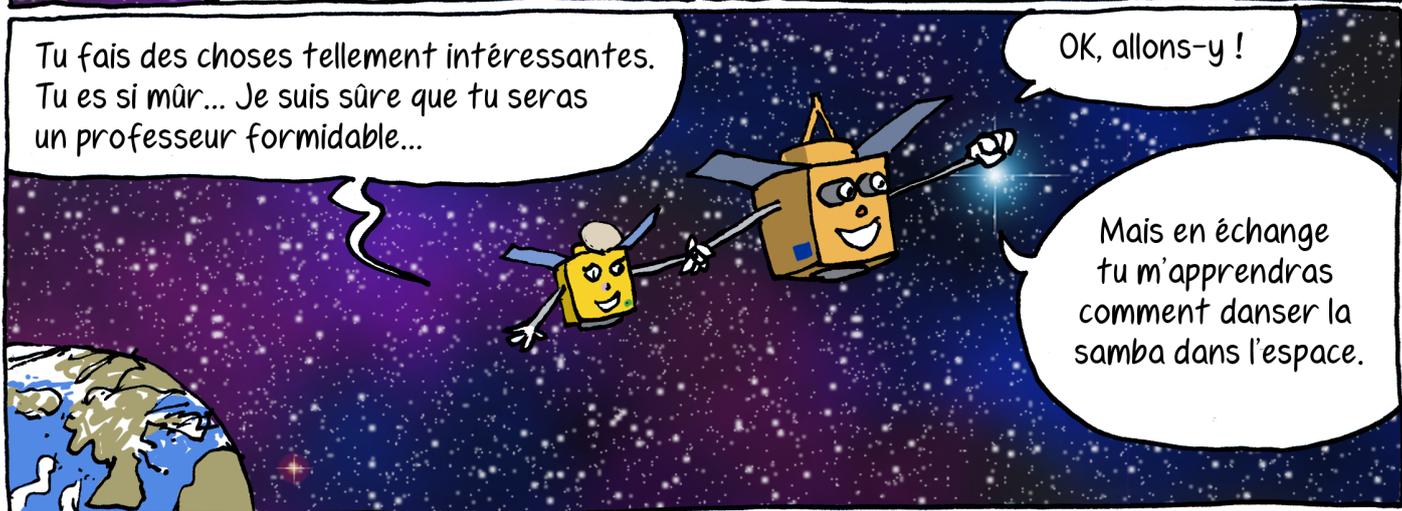
Une étoile parmi les étoiles !

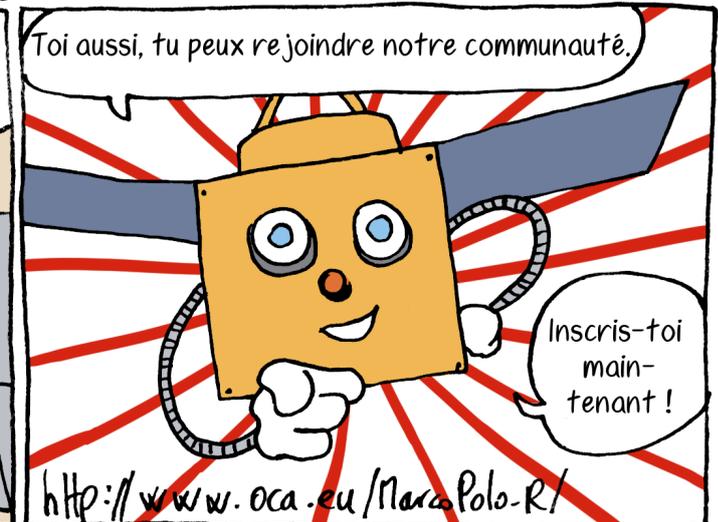


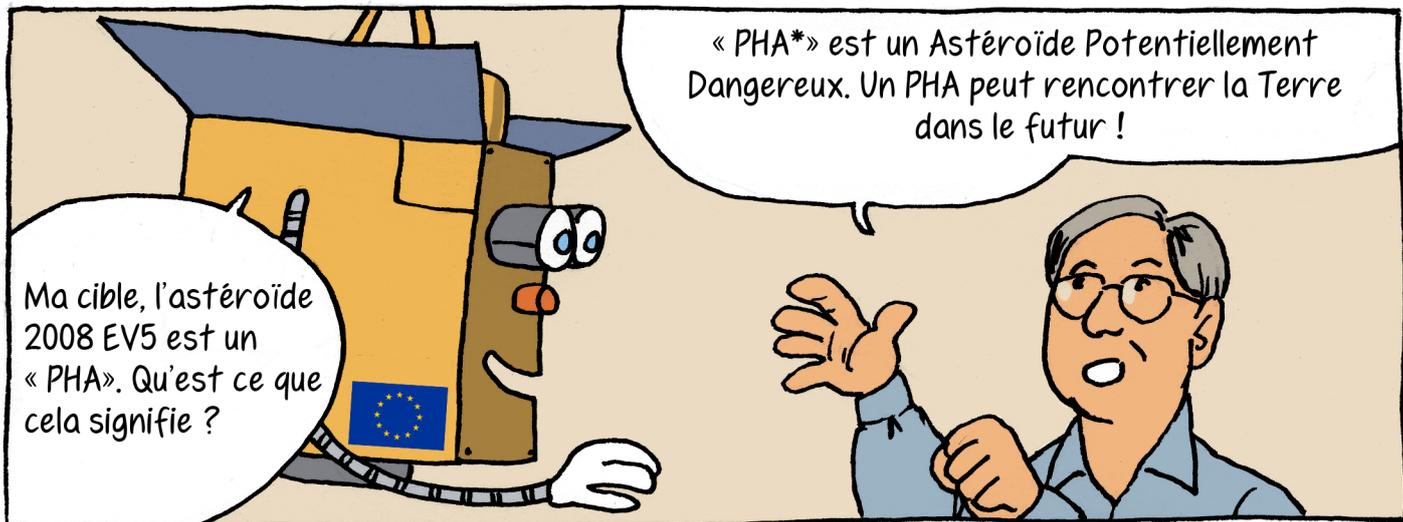
Tu fais des choses tellement intéressantes.  
Tu es si mûr... Je suis sûre que tu seras  
un professeur formidable...

OK, allons-y !

Mais en échange  
tu m'apprendras  
comment danser la  
samba dans l'espace.







Ma cible, l'astéroïde 2008 EV5 est un « PHA ». Qu'est ce que cela signifie ?

« PHA\* » est un Astéroïde Potentiellement Dangereux. Un PHA peut rencontrer la Terre dans le futur !

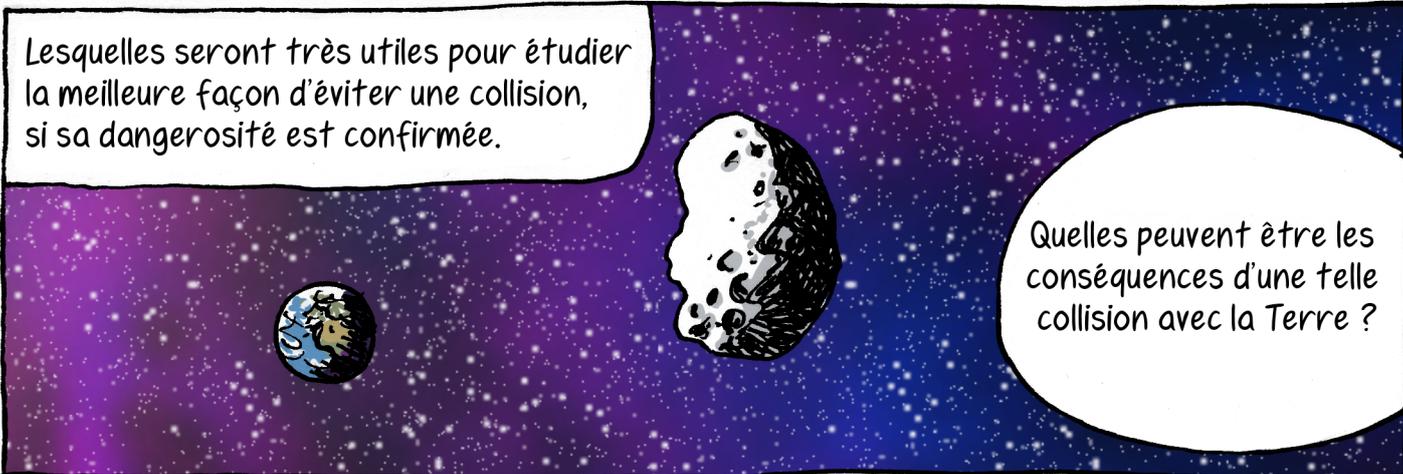


Arghh ! Nous devons faire quelque chose pour éviter ça !



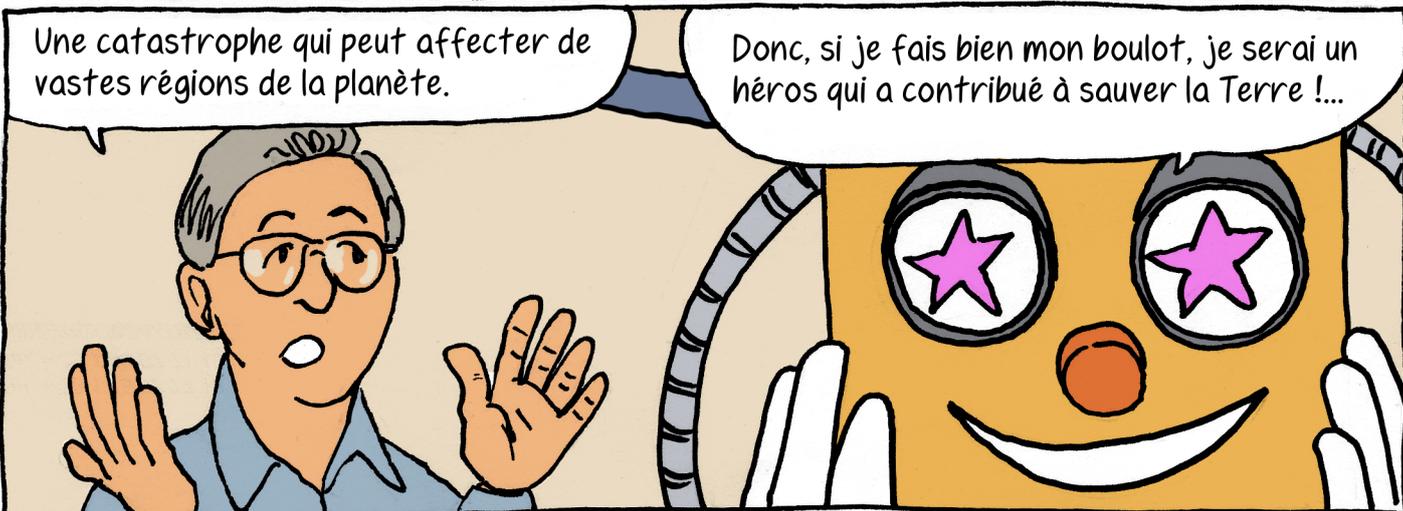
Nous sommes en train d'étudier des techniques pour pallier ces risques dans le projet européen « NEOSHIELD ».

Et tu es censé fournir des informations détaillées de 2008 EV5...



Lesquelles seront très utiles pour étudier la meilleure façon d'éviter une collision, si sa dangerosité est confirmée.

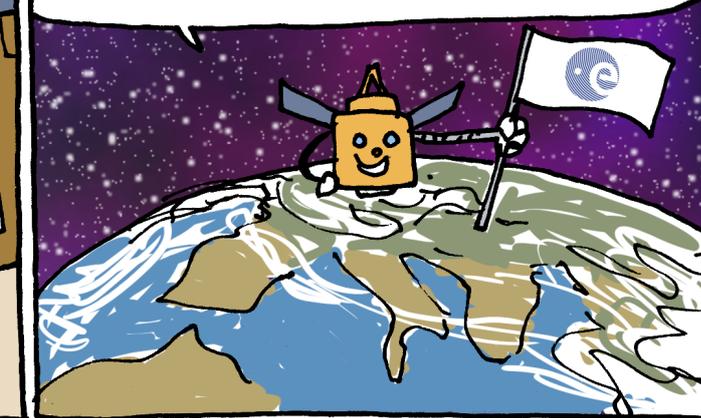
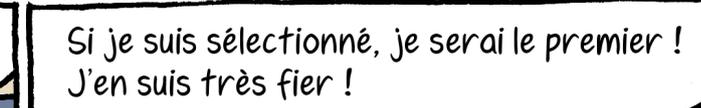
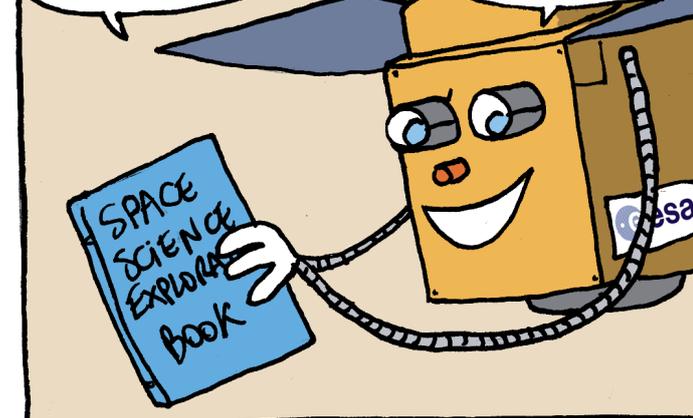
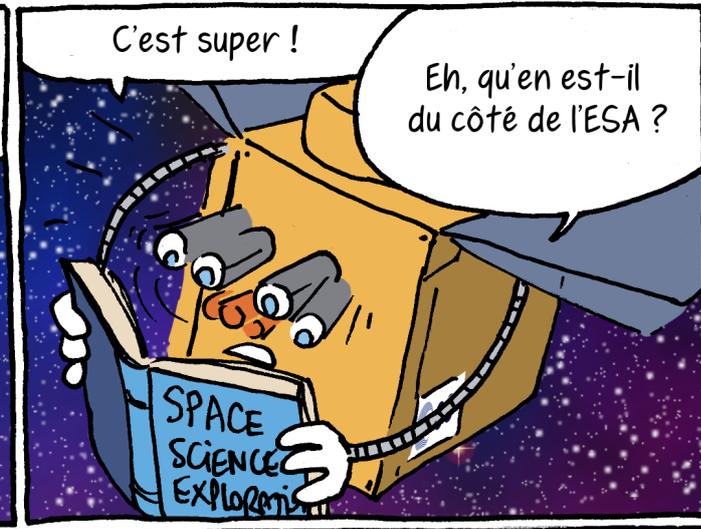
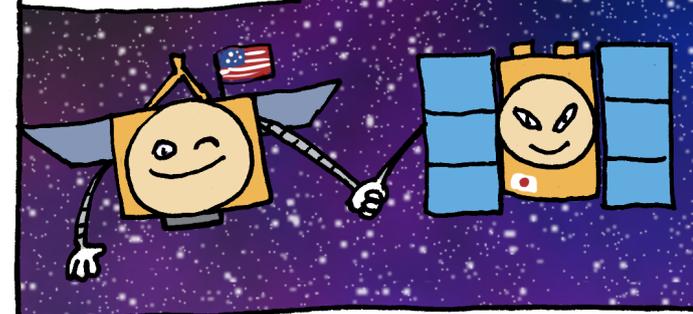
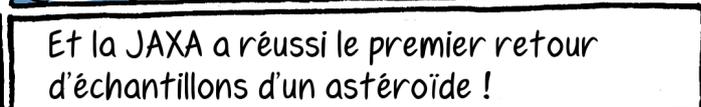
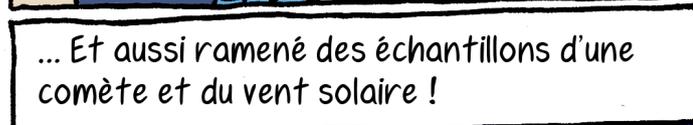
Quelles peuvent être les conséquences d'une telle collision avec la Terre ?



Une catastrophe qui peut affecter de vastes régions de la planète.

Donc, si je fais bien mon boulot, je serai un héros qui a contribué à sauver la Terre !...

\* PHO pour Potentially Hazardous Asteroid en anglais



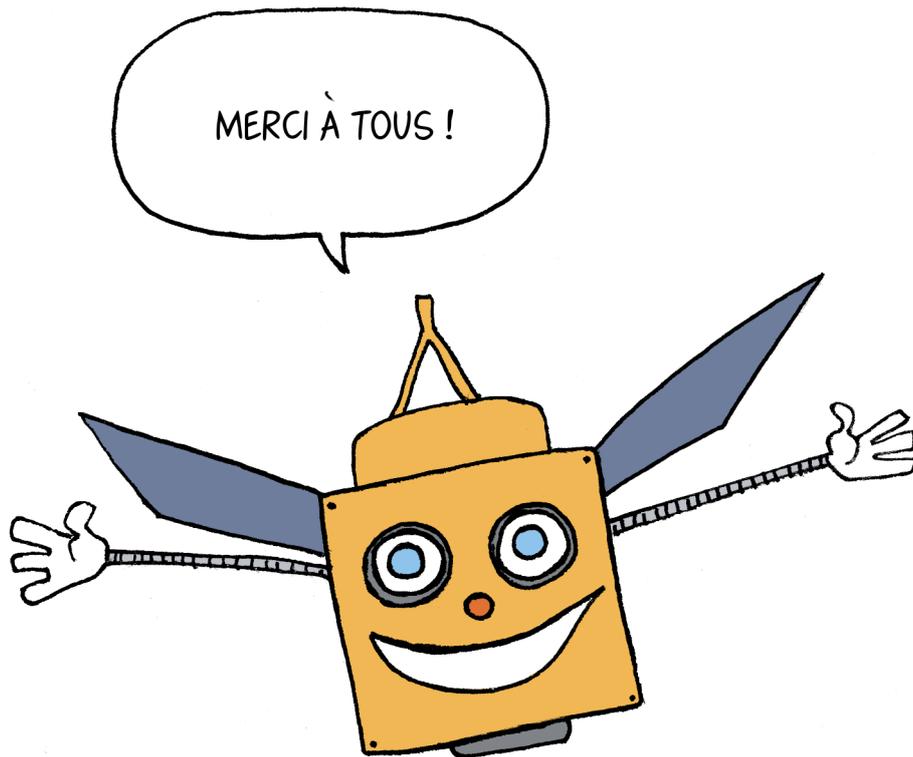


### **Les membres du groupe d'étude de la mission ESA MarcoPolo-R :**

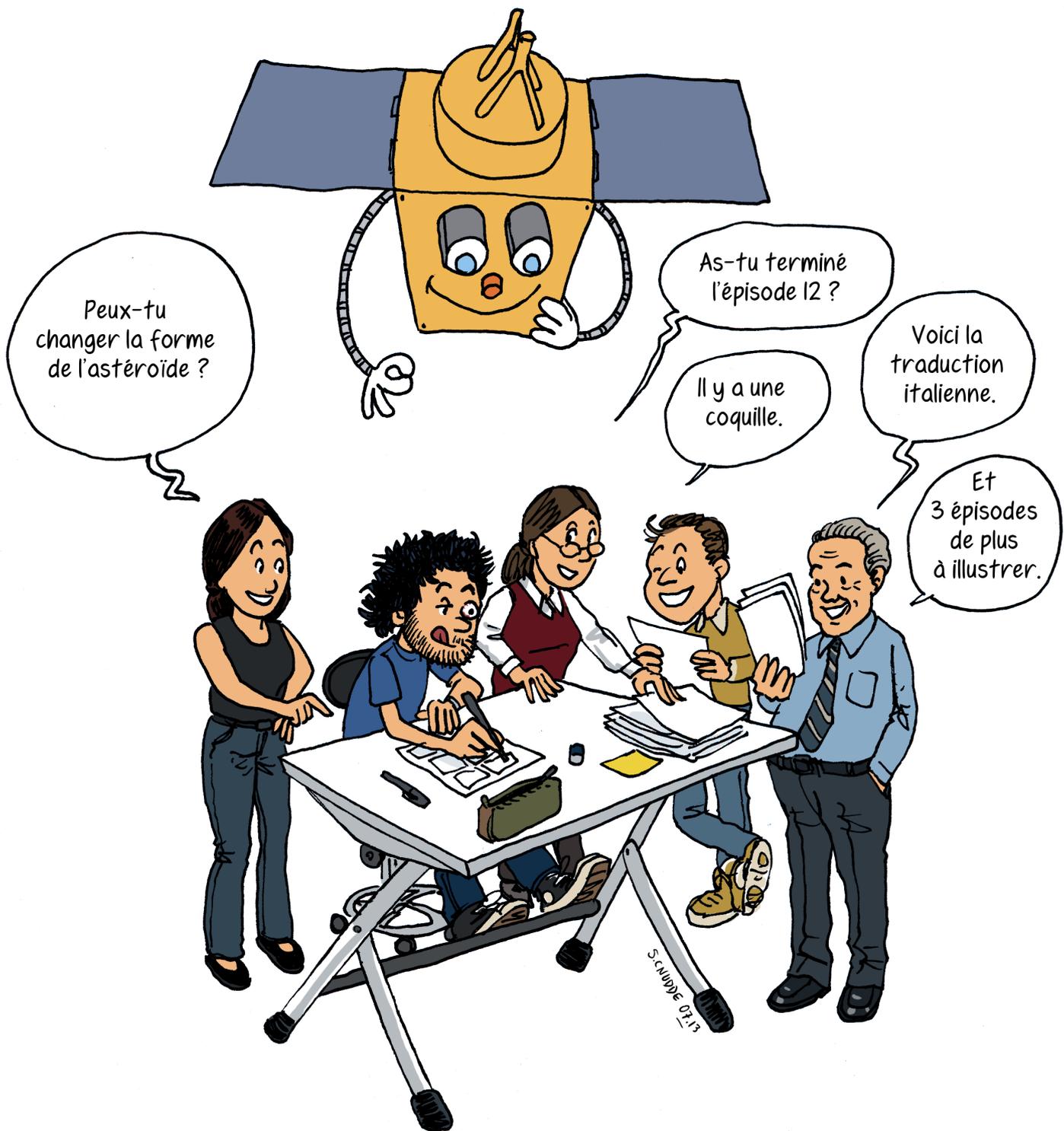
M.A. Barucci (LESIA-Paris Observatory, F), P. Michel (Univ. Nice, CNRS, Côte d'Azur Obs., F), P. Ehrenfreund (Univ. Leiden, NL),  
J.R. Brucato (INAF - Obs. of Arcetri, I), E. Dotto (INAF - Obs. of Rome, I), I.A. Franchi (Open Univ., Milton Keynes, UK),  
S.F. Green (Open Univ., Milton Keynes, UK), L.M. Lara (IAA-CSIC, Granada, E), B. Marty (CRPG-CNRS, Nancy, F),  
D. Koschny (ESA-ESTEC), D. Agnolon (ESA-ESTEC), R. Chalex (ESA-ESTEC), J. Romstedt (ESA-ESTEC), P. Martin (ESA-ESAC)

### **Les responsables des instruments :**

T. Andert (Bundeswehruniversität München, D), M.A. Barucci (LESIA-Paris Obs., F), G. Cremonese (INAF, Obs. Padova, I),  
O. Groussin (LAM, Marseille, F), J-L Josset (Space Exploration Institute, Neuchatel, CH)



MarcoPolo-R est profondément reconnaissant à chacun d'eux.  
Traduction en français d'Alain Doressoundiram (LESIA - Observatoire de Paris).



LES AUTEURS AU TRAVAIL :  
A. BARUCCI, S. CNUDE, S. FORNASIER, P. NICHEL, N. FULCHIGNONI -