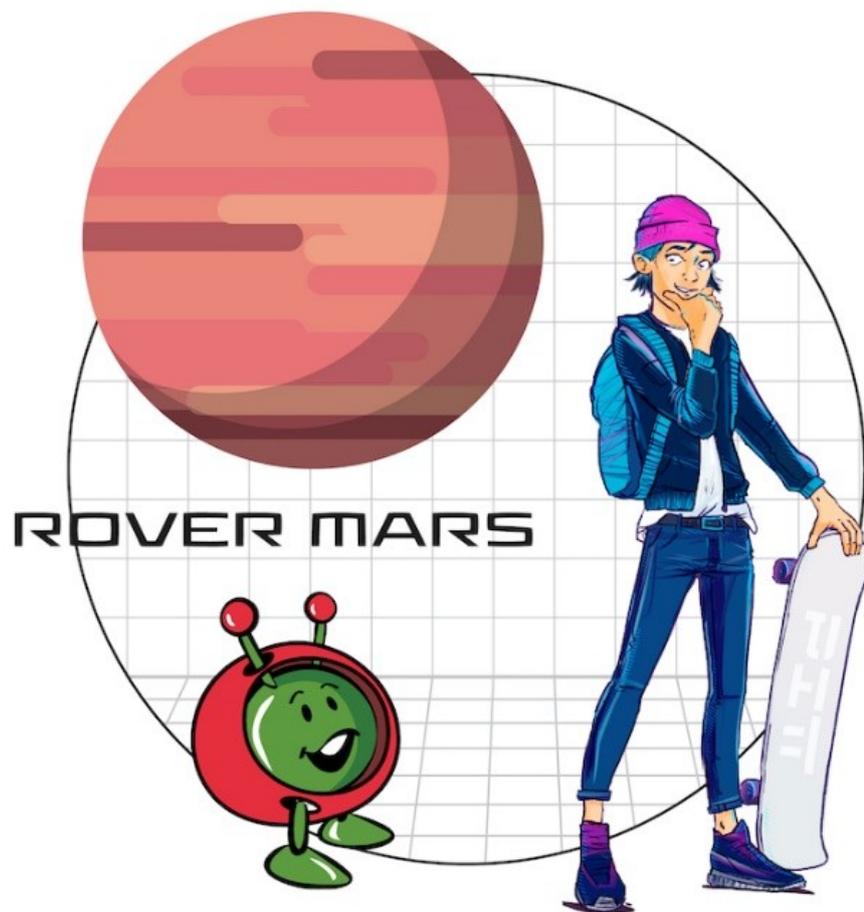


Découvrez la vie sur Mars avec un rover



Tables des matières

Tables des matières.....	2
Commentaire didactique.....	4
Planification de la leçon.....	8
Objectifs de la leçon.....	9
Structure de la leçon.....	9
Matériel nécessaire.....	9
Présentation du rover mBot.....	9
Actions.....	10
Boutons et capteurs.....	10
Capteur de suivi de ligne.....	10
Utilisation du logiciel de programmation.....	12
Bibliothèque d'instructions.....	14
Procédure d'envoi du programme dans le mBot.....	15
Présentation de la carte de Mars.....	16
Mise en place.....	17
Préparation de la leçon.....	20
Lisez votre premier programme.....	20
Écrivez votre premier programme: entraînement des pilotes.....	21
Mission 1.....	21
Mission 2.....	23
Mission 3.....	24
Mission 4.....	25
La leçon.....	26
Lisez votre premier programme (à faire à la maison).....	26
Écrivez votre premier programme : entraînement des pilotes.....	26
Mission 1.....	27
Mission 2.....	28
Mission 3.....	28
Mission 4.....	29
Idées d'évaluation d'apprentissage.....	30
Écrire un petit programme du début à la fin.....	30
Pour réfléchir.....	30
Solutions.....	31

Solution : Écrire son premier programme.....	31
Solution : Mission 1 – retour à la base.....	31
Solution : Mission 2 – S’arrêter devant Olympus Mons.....	33
Solution : Mission 3 – Explorer une grotte de Mars.....	34
Solution : Mission 4 – Trouver la vie !.....	35
Solution : Évaluation d’apprentissage:.....	36
Pour aller plus loin.....	37
A la découverte de la planète Mars.....	37
Pourquoi explorer Mars?.....	38
Y a-t-il de la vie sur Mars?.....	39
C’est quoi la vie?.....	40
L’importance des robots (et des sciences digitales) dans les missions vers Mars.....	42
Vidéos éducatives.....	43
Quizz Kahoot.....	43
Références.....	44
Crédits.....	45

Commentaire didactique

Sandra Baumann & Ann Kiefer

Notre vie quotidienne, scolaire et professionnelle est marquée par une numérisation croissante. L'utilisation des technologies numériques fait partie des compétences clés du 21^e siècle - mais de quelles compétences les enfants et les jeunes doivent-ils-elles disposer pour répondre aux exigences du monde numérique ?

En février 2020, le ministère de l'Éducation nationale luxembourgeois présente la stratégie « einfach digital - Zukunftskompetenze fir staark Kanner », dont l'objectif est de préparer les enfants et les jeunes aux exigences de l'avenir qui leur permettront de s'orienter dans un monde de plus en plus marqué par le numérique et d'acquérir les compétences nécessaires à cet effet. Dans le cadre de cette stratégie, une nouvelle matière d'enseignement, *Sciences Digitales*, est introduite (Éducation nationale 2020). *Sciences Digitales* se veut le prolongement de l'enseignement *du codage à l'école* primaire et se concentre sur six grands axes thématiques, tels que l'algorithmique, l'Internet, le langage informatique, le jeu, les robots et l'intelligence artificielle (Éducation nationale 2020).

En tant que projet pilote, le cours *Sciences Digitales* a été introduit dans les classes de 7^e de 18 écoles secondaires luxembourgeoises à partir de l'année scolaire 2021/22. En 2022-23, la nouvelle matière sera enseignée de manière généralisée dans toutes les classes de 7^e et une phase pilote sera lancée dans quelques classes de 6^e. À partir de 2024-25, *Sciences Digitales* sera au programme de toutes les classes de 7^e, 6^e et 5^e (Éducation nationale 2020). La nouvelle matière a une orientation explicitement transdisciplinaire et une approche multilingue, car elle peut être enseignée par tou-te-s les enseignant-e-s de la matière et implique donc, outre les enseignant-e-s de sciences, les enseignant-e-s de langues, d'arts et de sciences sociales. En outre, la matière sera enseignée aussi bien en français qu'en allemand ou en luxembourgeois et sera intégrée dans l'horaire normal à raison d'un total de 108 heures sur les trois années scolaires (Éducation nationale 2020).

Le module #Mars Rover a été développé en collaboration avec ESERO Luxembourg (European Space Education Ressource Office) et PITT (Programme for Innovative Teaching and Training). Un logo commun a également été créé à cet effet. ESERO conçoit, tant pour les écoles primaires que pour les écoles secondaires, du matériel pédagogique adapté aux programmes scolaires luxembourgeois dans les matières MINT, toujours en lien avec le thème de l'espace. Dans le cadre de la filière Bachelor en Sciences de l'Éducation (BScE) de l'Université du Luxembourg, ESERO Luxembourg aide les futur-e-s enseignant-e-s du primaire à développer une compétence scientifique globale. Les étudiant-e-s travaillent sur les tâches développées par ESERO dans le cadre du projet "teach with Space" sur le thème du changement climatique (Andersen et al. 2021).

Le présent cours #Mars Rover - *Discover life on Mars* traite de la thématique des robots et a été intégré dans le thème d'apprentissage *Espace*. L'idée est d'amener la fascination de l'espace dans la salle de classe et d'enthousiasmer ainsi les jeunes pour l'apprentissage. Le potentiel élevé de ce thème est ainsi mis à profit dans les processus d'apprentissage. L'espace et toutes ses facettes sont un sujet très apprécié des jeunes. En particulier en relation avec la recherche de vie (extra)terrestre, le module fait appel à l'imagination des élèves et suscite l'excitation et la curiosité.

Ce module autour de la vie extraterrestre rend l'enseignement plus excitant et aide à ce que l'enthousiasme des jeunes pour le thème de l'espace se propage à de nombreux autres domaines d'apprentissage et disciplines. Il répond ainsi à l'exigence didactique d'un enseignement moderne, qui est axé sur les élèves et "[...] s'appuie autant que possible sur leurs intérêts, leurs capacités et leur niveau de connaissances [...]" (Steveker 2015).

Dans une interview réalisée dans le cadre de l'*Esero UK Secondary Space Conference*, l'astronaute de l'ESA Team Peak met en évidence les avantages de l'espace en tant qu'environnement d'apprentissage motivant et fascinant. Peak est convaincu que la fascination pour l'espace peut être appliquée à de nombreux domaines d'apprentissage et matières scientifiques dans le cadre de l'enseignement. Selon lui, le thème de *l'espace* et le travail de l'ESA peuvent être utilisés comme une plate-forme unique en son genre pour enthousiasmer les enfants et les jeunes sur le thème de l'espace et de l'univers et pour éveiller leur intérêt pour le travail des astronautes, des ingénieurs et des scientifiques. Peak voit un avantage décisif dans le fait que les contenus d'apprentissage dans le contexte de *l'espace* ont un effet positif sur les enfants et les jeunes et que les contenus d'apprentissage des mathématiques, de la physique, de la chimie ou de la biologie deviennent vivants et tangibles (UK ESERO). Les élèves sont ainsi interpellé·e·s de diverses manières et l'espace sert de cadre d'apprentissage motivant qui, d'une part, permet d'expliquer le fonctionnement de l'espace en tant que tel et, d'autre part, éveille la fascination et l'intérêt des enfants et des adolescents pour les matières directement liées à l'espace. Des effets de synergie peuvent être créés pour de nombreuses matières scientifiques et, selon Peak, «space as an educational outreach tool» peut être exploité en établissant des liens avec le thème de l'espace dans les matières scientifiques, ce qui a pour effet de motiver les élèves (UK ESERO).

En outre, le contexte de *l'espace* offre également de nombreux points de contact avec les matières linguistiques et génère ici aussi une grande valeur ajoutée pour l'organisation des cours. L'enseignement de l'anglais, par exemple, peut s'en inspirer en faisant prendre conscience aux élèves que l'anglais est la langue véhiculaire de l'espace et l'aéronautique et qu'elle sert de base de communication commune aux équipes multiculturelles d'astronautes.

Le succès des astronautes de l'ESA Alexander Gerst et Mathias Maurer, qui associent leurs vols dans l'espace à des projets éducatifs destinés aux écoles primaires et secondaires, montre à quel point l'intégration du thème de *l'espace* dans l'enseignement fonctionne bien. Les élèves peuvent vivre les sciences naturelles et l'espace de près et accompagnent le spationaute Gerst dans la série *Flying classroom* à bord de l'ISS, où des expériences de démonstration simples sont réalisées afin de rendre le thème de la recherche en apesanteur compréhensible pour les élèves (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt 2022).

Dans le module #Mars Rover, le thème de la programmation est intégré dans le thème général de l'espace. Dans l'espace, des véhicules robotisés partent en mission sur la planète Mars. Ils sont appelés rovers martiens et portent des noms comme Opportunity et Curiosity (NASA 2022). Pour que les rovers sachent ce qu'ils doivent faire, un·e programmeur/programmeuse doit écrire une série d'instructions que le robot exécute les unes après les autres, par exemple «déployer les panneaux solaires», «déployer les roues» et «allumer la caméra». Toutefois, le rover ne peut pas être contrôlé depuis la Terre, car le signal radio entre la Terre et Mars peut prendre de quatre à vingt minutes, selon la position de la Terre par rapport à Mars. Un rover télécommandé ne fonctionnerait qu'avec un grand décalage dans le temps. C'est pourquoi le rover martien doit être programmé à l'avance de manière à pouvoir fonctionner de manière autonome.

Dans cette unité, les élèves reçoivent quatre missions de programmation différentes et successives, dont la complexité augmente, les parties de programmation pouvant être partiellement reprises des tâches précédentes. Comme cette unité est conçue comme une introduction au thème de la programmation, les élèves n'ont donc pas besoin de programmer toutes les missions à partir de zéro. Pour leur faciliter la tâche, des parties de la programmation leur sont données sous forme de tâches.

Le module #Mars Rover utilise des robots *mBot* de la société *MakeBlock*. Ces robots sont spécialement conçus pour les débutants et permettent d'enseigner et d'apprendre le codage robotique de manière simple et amusante. La programmation elle-même se fait à l'aide du logiciel *MakeBlock*, qui est un environnement de programmation par blocs basé sur Scratch.

Grâce à des instructions par étapes, les élèves se familiarisent avec les principes de base de la programmation par blocs et développent leur pensée logique et leurs compétences en matière de conception. L'accès à la programmation via Scratch permet d'acquérir une première expérience des systèmes informatiques et convient très bien à l'enseignement initial. L'activité de programmation se focalise sur l'adaptation de l'environnement de programmation déjà existant aux exigences des tâches de programmation successives, et offre ainsi la possibilité de construire des produits performants avec seulement quelques connaissances préalables dans le domaine de la programmation (Schubert/Schwill 2011).

De plus, la programmation se prête parfaitement au contexte de l'apprentissage expérientiel et favorise l'apprentissage par erreurs. Des scientifiques comme Kapur soulignent l'efficacité de l'erreur productive, terme qui désigne l'importance de l'erreur dans le processus d'apprendre (Kapur 2011).

«Sur un plan neuroscientifique, l'erreur est avant tout traitée comme un écart à une attente, donc constitue une information précieuse permettant de réajuster ses conceptions et donc d'apprendre.» (INRIA 2020).

En se trompant, on se donne des mesures pour s'améliorer. Dans le contexte scolaire, l'enseignement se concentre toutefois sur la prévention des erreurs. Les élèves peuvent faire l'expérience d'une approche positive de l'erreur par le biais de la programmation, car celle-ci offre le cadre idéal pour l'apprentissage, étant donné que la détection d'une erreur est immédiate (et ne prend pas plusieurs heures ou jours comme dans les exercices traditionnels dans d'autres sciences). De plus, un programme informatique ne porte pas de jugement, il ne fait que détecter et signaler l'erreur. Cela offre à l'élève la possibilité de faire un nouvel essai, et ce aussi souvent que possible. Ainsi, même les élèves faibles ont une deuxième chance. En outre, la programmation aide les élèves à développer la rigueur, car un programme ne fonctionne que s'il a été configuré correctement à 100 %. C'est en cela qu'elle diffère des méthodes traditionnelles d'évaluation des performances, qui permettent aux élèves de réussir un examen même s'ils-elles travaillent moins bien et de manière moins approfondie : Alors qu'un examen est considéré comme réussi avec 30/60 points, un programme configuré à moitié est inutilisable et ne fonctionne pas. En outre, la programmation cultive aussi la notion du doute : en effet, le fait qu'un programme fonctionne à un moment donné ne signifie pas nécessairement qu'il le fera toujours (non-détection versus absence de bug) (INRIA 2020).

De la même manière, la programmation encourage la pensée critique chez les élèves. En général, les mathématiques et les sciences sont censées encourager la pensée critique chez les élèves, car ces matières sont basées sur la construction d'hypothèses et sur la confirmation et/ou la preuve de ces hypothèses, ou sur le rejet de ces hypothèses. Le fait de pouvoir et de devoir changer d'avis joue ici un rôle important. Cela n'est toutefois pas réalisable en une heure de cours, car un tel processus scientifique prend souvent beaucoup plus de temps. En informatique, cette boucle essai-erreur est beaucoup plus courte, car un programme informatique signale une erreur dès le premier essai. Ainsi, les élèves apprennent rapidement le principe "Je pensais que..., mais je m'aperçois que..., je vais essayer autre chose" (INRIA 2020) et une culture positive de l'erreur est ainsi formée, qui peut être transférée à de nombreux autres domaines de l'école et de la vie.

La robotisation ajoute ici un niveau supplémentaire, car les robots donnent "une rétroaction spatiale" à l'algorithme conçu par les élèves. Ils ajoutent un aspect tangible à l'informatique, ce qui permet aux élèves de chercher des solutions dans un cadre d'apprentissage moins traditionnel et scolaire (INRIA 2020).

Littérature

1. Katja N. Andersen, Frederic Conrotte, Guillaume Trap & Nadia Bettelo (2021). Projet ESERO Luxembourg : conséquences pour la professionnalisation des enseignant(e)s en ce qui concerne l'éducation au développement durable. *Rapport national sur l'éducation 2021*, <https://doi.org/10.48746/bb2021lu-fr-19>
2. Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt (2022). DLR next. Aktionen für Schulen. Flying classroom. Kleine Teilchen und große Planeten. https://www.dlr.de/next/desktopdefault.aspx/tabid-10985/19144_read-44570/
3. Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique (INRIA) (2020). *Éducation et Numérique : enjeux et défis*, Livre Blanc
4. Kapur, M. (2011). A further Study of productive failure in mathematical problem solving: unpacking the design components., *Instructional Science*, 34(4), S. 561-579
5. Ministère de l'Education nationale (2020). Dossier de presse du 06 février 2020: einfach digital - Zukunftskompetenze für stark Kanner. <https://men.public.lu/content/dam/men/catalogue-publications/dossiers-de-presse/2019-2020/einfach-digital.pdf>, Zugriff am 04.02.2022
6. NASA (2022). Mars Exploration Rovers. <https://mars.nasa.gov/mer/mission/overview/>
7. Schubert, S.; Schwill, A. (2011). Didaktik der Informatik. S. 293 f.
8. Steveker, W. (2015). Zeitgemäß unterrichten. In: Sommerfeld, Karin (Hrsg.): *Spanisch Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II*
9. UK Esero: The benefits of bringing Space to the classroom. The Esero UK Secondary Space Conference. <https://www.youtube.com/watch?v=qy21obwZB3A>

Planification de la leçon

Matière : Sciences Digitales

Tranche d'âge : 13-14 ans

Durée : 150 minutes

Coût : Le logiciel est gratuit et le matériel est prêté par ESERO Luxembourg

Nous utilisons des robots dans l'espace. Des voitures robotisées, par exemple, partent en mission sur la planète Mars ; nous les appelons des *rovers martiens*, et ils ont des noms comme *Opportunity* et *Curiosity*.

Un rover martien doit se déplacer lui-même et envoyer des informations sur Mars à la Terre.

Mais comment sait-il exactement ce qu'il doit faire ? Un programmeur écrit une série d'étapes que le robot exécute en séquence. Par exemple, le rover de Mars exécute des étapes telles que "déployer les panneaux solaires", "déployer les roues", "allumer la caméra" après avoir atterri en toute sécurité sur Mars.

La question est: comment contrôler un rover à cent millions de kilomètres de distance, roulant sur Mars ? Comme nous ne sommes pas sur place, il sera commandé à distance de la terre. Or un signal radio envoyé de la Terre vers Mars prend de quatre à vingt minutes, en fonction de la position de la terre par rapport à Mars.

Un rover martien commandé à distance serait donc piloté avec un décalage considérable. Un exemple de problème directe qui en résulte: vu le décalage, il ne serait par exemple pas possible de freiner assez rapidement si le rover rencontre un obstacle.

Il est donc nécessaire de programmer le rover martien à l'avance afin qu'il puisse fonctionner de manière autonome et automatique autant que possible.

Dans cette leçon, les élèves programment leur propre rover martien dans l'environnement de programmation Scratch. Une carte satellite de Mars sera étalée au sol et leur rover devra accomplir une mission qui consiste à trouver la vie sur Mars.



Objectifs de la leçon

- Apprendre les bases de la programmation en Scratch,
- résoudre des problèmes par un raisonnement systématique,
- apprendre à formuler des instructions courtes et précises et à les placer dans un ordre logique pour atteindre un objectif précis.

Structure de la leçon

La leçon commence par une introduction courte sur Mars et les robots véhiculant sur la planète rouge. En outre, l'environnement de programmation Scratch est présenté. A la maison, les élèves doivent se familiariser avec Scratch sur base d'un exemple de petit programme.

Ensuite, en classe, les élèves sont initiés à certaines fonctions de base, après quoi ils peuvent commencer à programmer leur Mars rover. Comme cette ressource est censée être une première approche à Scratch, la programmation ne se fait pas à partir de zéro, mais sous forme de petits exercices où une partie de la solution est déjà donnée.

Matériel nécessaire

- ✓ Une zone libre au sol de 6m² : 3m x 2m
- ✓ Par groupe de 2 élèves :
 - Un ordinateur portable ou PC avec Windows ou MacOS avec
 - Une connection internet
 - Un port USB disponible
 - [le logiciel mBlock installé](#)

Le reste du matériel est fourni par ESERO

- ✓ la carte de Mars
- ✓ le matériel de décoration nécessaire aux défis:
 - 3 photos pour faire le décor,
 - des pièces pour tenir les photos,
 - une grotte,
 - un tardigrade en peluche,
 - une boîte de Petri pour y mettre de l'eau chaude (à voir si on change)
 - La [peluche Paxi](#) qui est la mascotte d'ESERO
 - des autocollants de Paxi
- ✓ 10 mBot équipés avec tous les capteurs nécessaires, pour une classe jusqu'à 20 élèves.

Présentation du rover mBot

Le mBot est un robot pour débutants [créé par la société MakeBlock](#), qui rend l'enseignement et l'apprentissage du codage de robot simple et amusant. Avec des instructions pas à pas, les élèves se familiarisent avec les principes fondamentaux de la programmation par blocs, développent leur raisonnement logique et leurs capacités de conception.

Comme tout robot, le mBot interagit avec son environnement en fonction des instructions qu'on lui demande d'exécuter.



Pour cela, il est capable de collecter des informations grâce à ses capteurs et de réaliser des actions grâce à ses actionneurs.

Actions

- Le robot est capable de **se déplacer** grâce à ses deux moteurs indépendants qui pilotent chacun une roue motrice.
- Il peut **émettre des sons** grâce à un buzzer.
- Il peut **émettre de la lumière** grâce à des lampes LED dont la couleur est paramétrable.

Boutons et capteurs

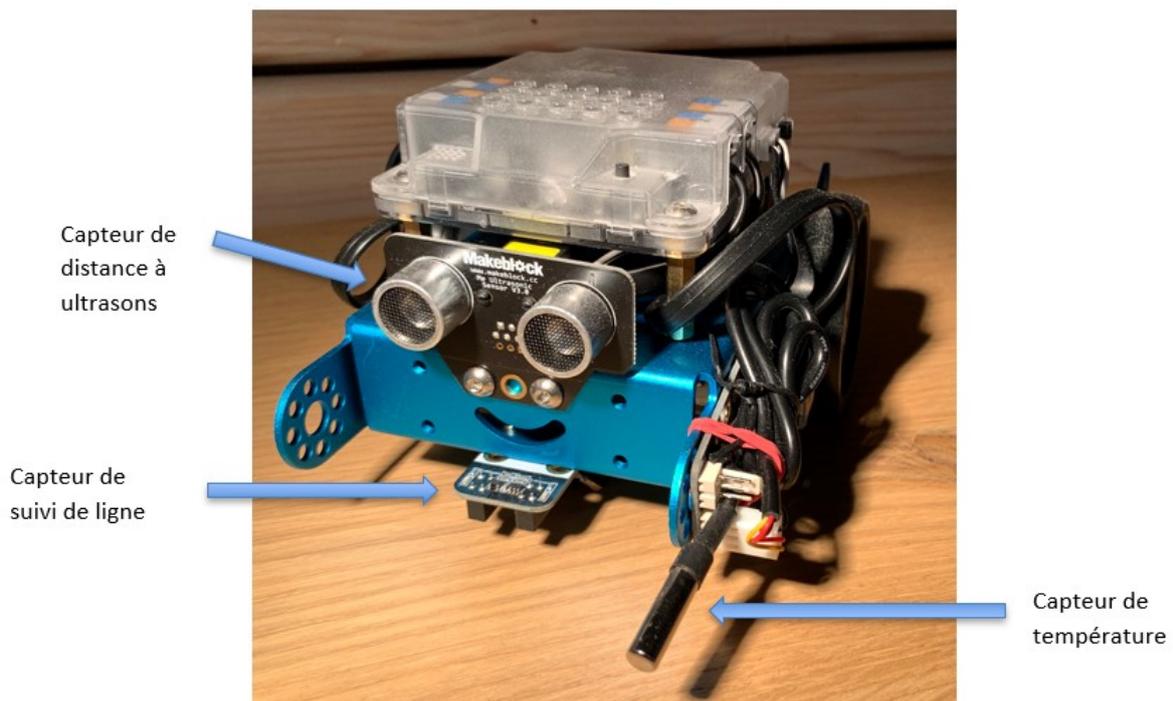
Pour interagir avec son environnement et y recueillir des informations, on retrouve sur le robot :

- Un bouton de mise sous tension ON/OFF,
- un bouton de lancement de programme,
- un module de suivi de ligne au sol,
- un module à ultrasons qui lui permet de « voir » les obstacles à l'avant et d'en connaître la distance,
- un capteur de luminosité qui le renseigne sur la luminosité ambiante,
- un capteur de son qui le renseigne sur le niveau du bruit ambiant,
- un capteur de température qui mesure la température de l'air ambiant.

Capteur de suivi de ligne

Installé à l'avant du mBot, le suiveur de ligne est doté de deux capteurs capables de détecter une surface blanche (dans une fourchette de 1 à 2 cm), en émettant une lumière IR (infrarouge) et en enregistrant la quantité de lumière réfléchie.

Si une grande quantité de lumière est réfléchie, on peut en déduire qu'il est proche d'une surface blanche. Si la réflexion est faible, on peut en déduire que la surface est noire ou que le capteur n'est pas proche d'une surface.

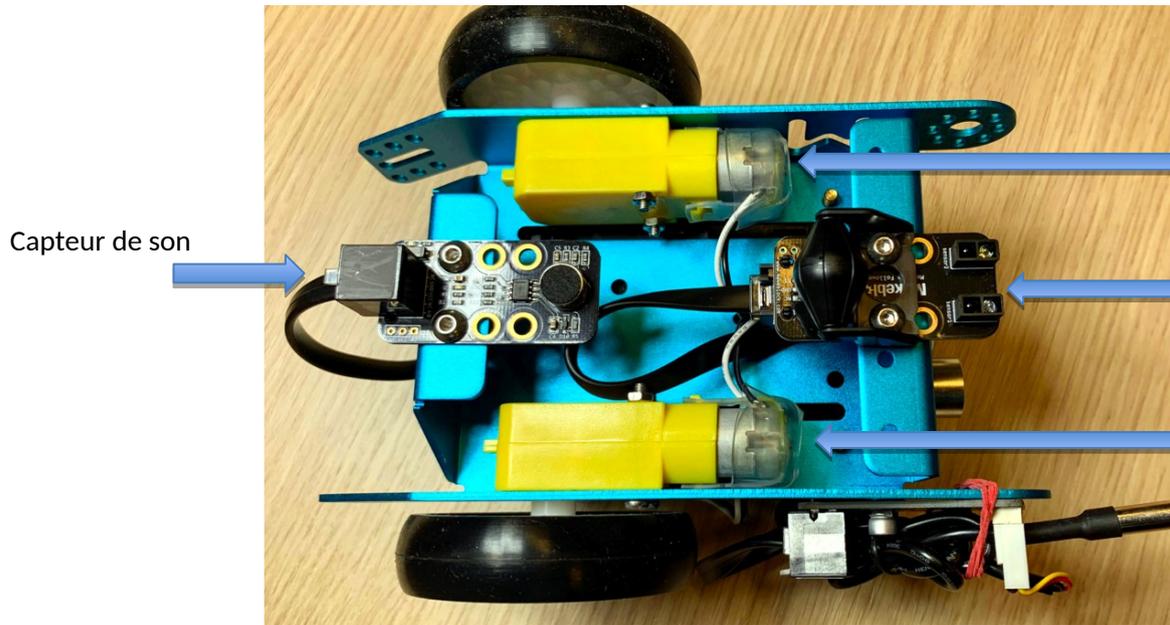




Capteur de ligne

Moteur de la
roue gauche

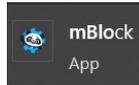
7



Capteur de son

Utilisation du logiciel de programmation

- 1- Ouvrez le programme mBlock



- 2- En haut à gauche de l'écran, choisissez votre langue en cliquant sur



- 3- Dans l'onglet « Appareil » à gauche, supprimez l'appareil CyberPi en cliquant sur la croix



- 4- Toujours dans l'onglet « Appareil », cliquez sur le bouton « ajouter »

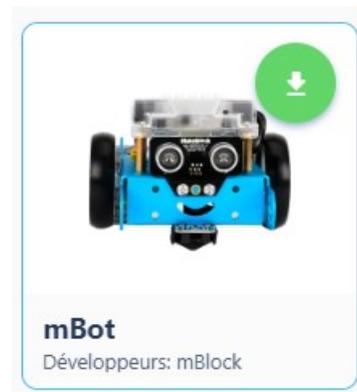


- 5- Choisissez le mBot et cliquez sur « OK »

- 6- En bas de l'écran, cliquez sur « Extension »



- 7- Ajoutez l'extension « Gadgets de détection »



8- Description de l'interface de programmation

The screenshot shows the mBlock v5.3.0 interface. The top bar contains navigation and utility buttons. The left sidebar includes a library of blocks (1), a device selection area (4), and connection buttons (6, 7). The central block palette (2) lists various instruction categories. The main workspace (3) is where the program is built. A red arrow points from the block palette to the workspace, with the text "Zone dans laquelle vous allez saisir votre programme". A context menu (8) is shown over a block in the workspace.

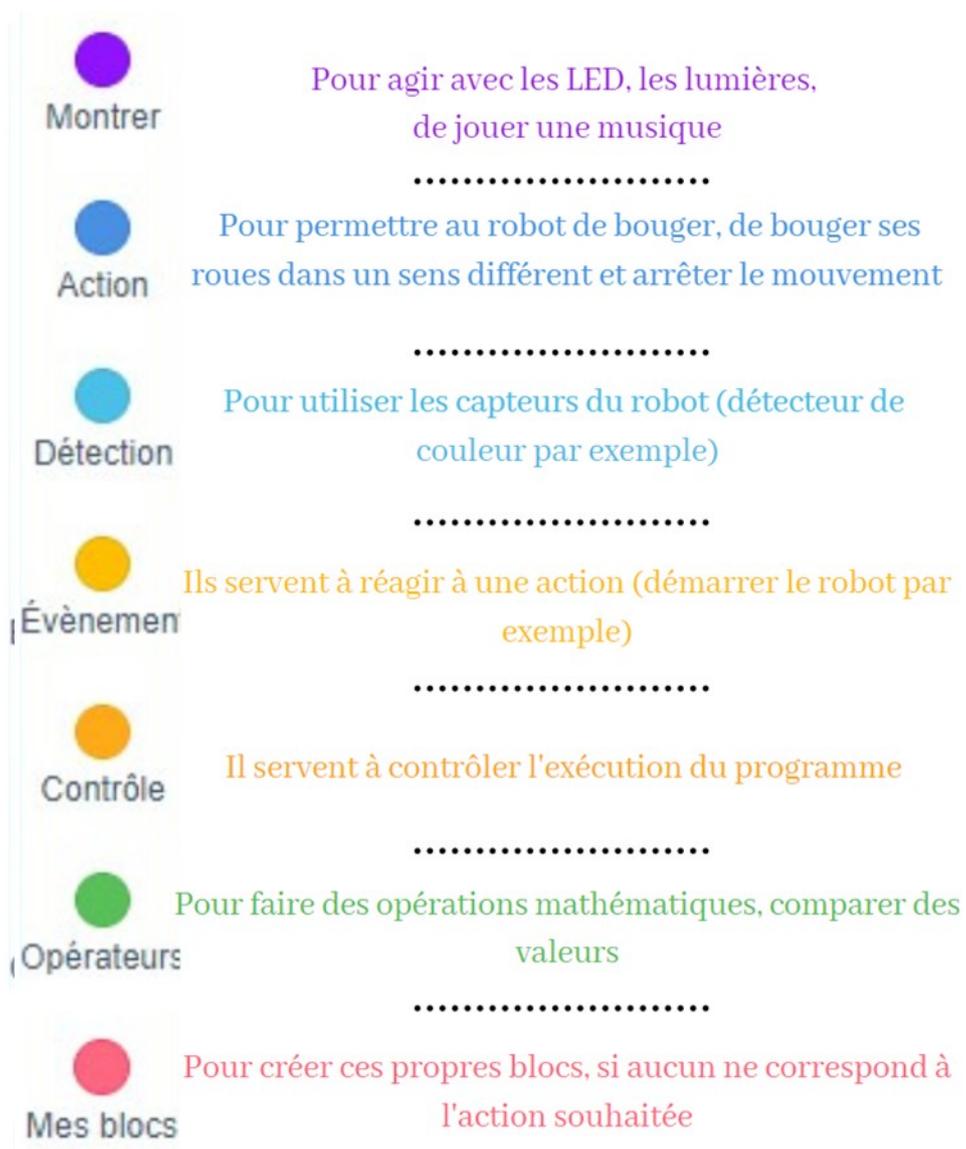
Pour créer le programme, il suffit de glisser les éléments de la bibliothèque dans la zone de création du programme. Attention, il faut parfois les déposer avec précision pour que cela s'imbrique.

(1) Zone de sélection d'une bibliothèque d'instructions	(5) Démarrage/arrêt du programme quand vous programmez une image
(2) Zone de choix d'une instruction à glisser-déposer dans la zone (3)	(6) Bouton à sélectionner pour téléverser votre programme dans le mBot
(3) Zone dans laquelle vous saisissez votre programme	(7) Bouton à cliquer pour vous connecter au mBot
(4) Zone de test pour programmer une image à la place du mBot	(8) Pour supprimer une instruction, clic droit -> supprimer le bloc

Bibliothèque d'instructions

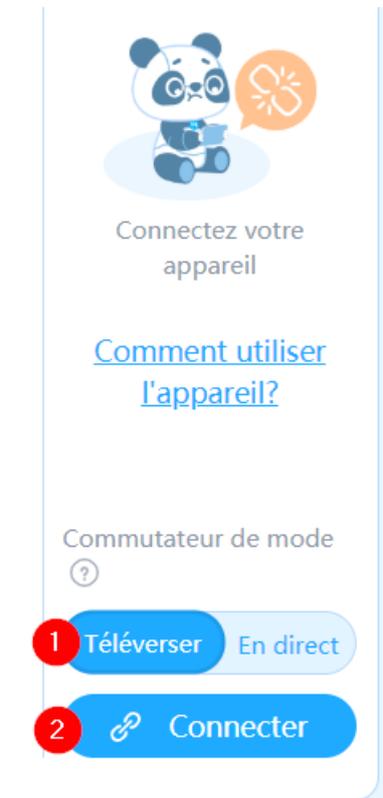
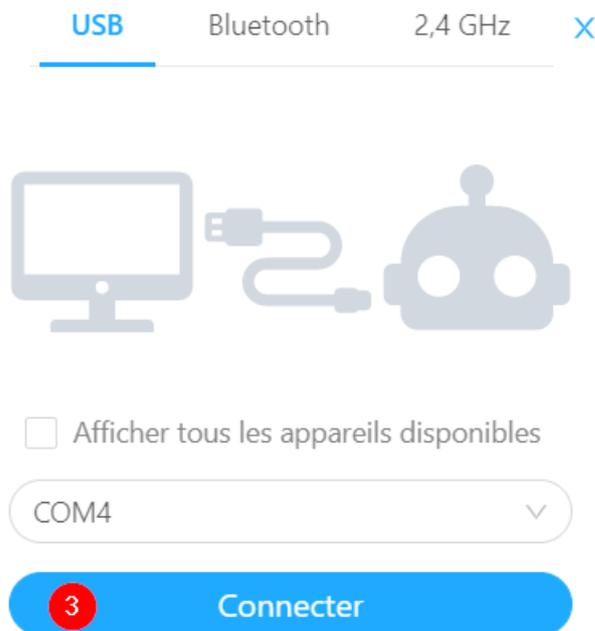
Plusieurs bibliothèques d'instructions sont disponibles

- Événements
- Capteurs
- Actions
 - Mouvement
 - Regarder
 - Son
- Contrôles
- Opérateurs
- Gadgets



Procédure d'envoi du programme dans le mBot

- 1- Poser le robot sur un support, branchez-le à l'ordinateur.
- 2- Vérifiez sur le robot que le commutateur est bien sur « ON ».
- 3- Assurez que le bouton « Téléverser » est sélectionné. (1)
- 4- Cliquez sur le bouton « Connecter ». (2)
- 5- Dans l'écran suivant, cliquez encore sur « Connecter ». (3)



- 6- Quand la connection est établie, cliquez sur le bouton « Télécharger » (4)



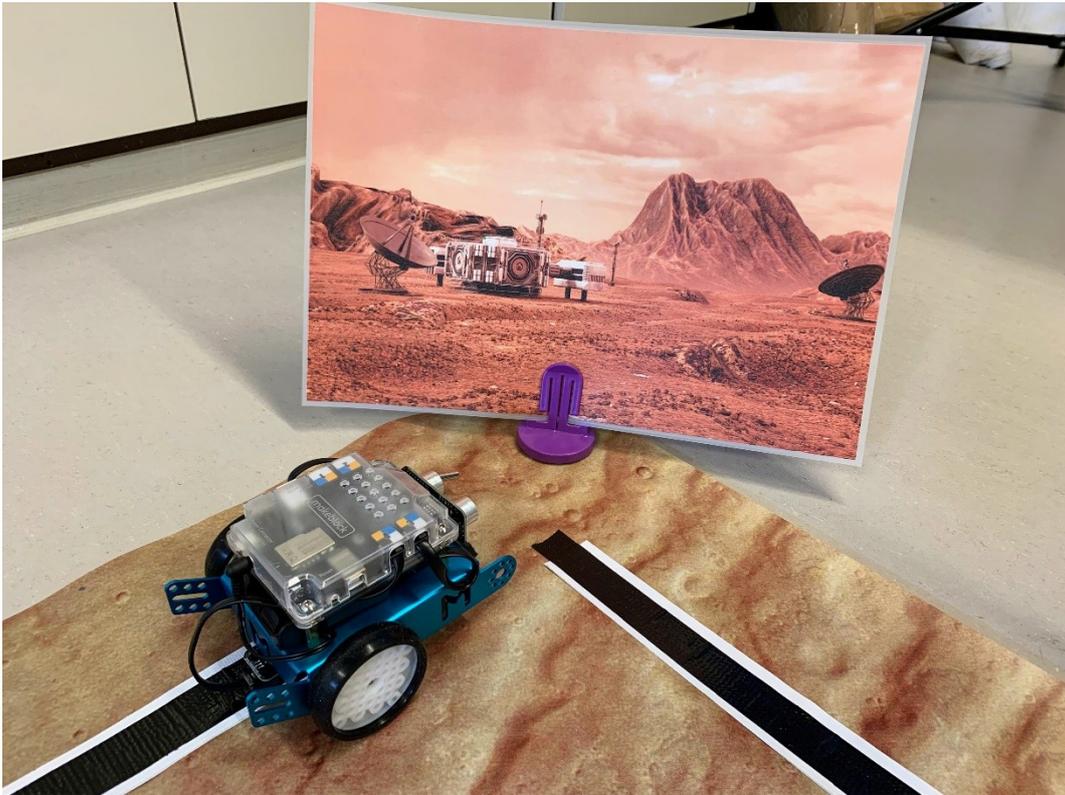
Présentation de la carte de Mars

La carte est une vraie image satellite qui a été prise par le satellite [Mars Express de l'ESA](#) en novembre 2018. Elle est divisée en 9 zones qui seront mentionnées lors de la description de chaque mission.

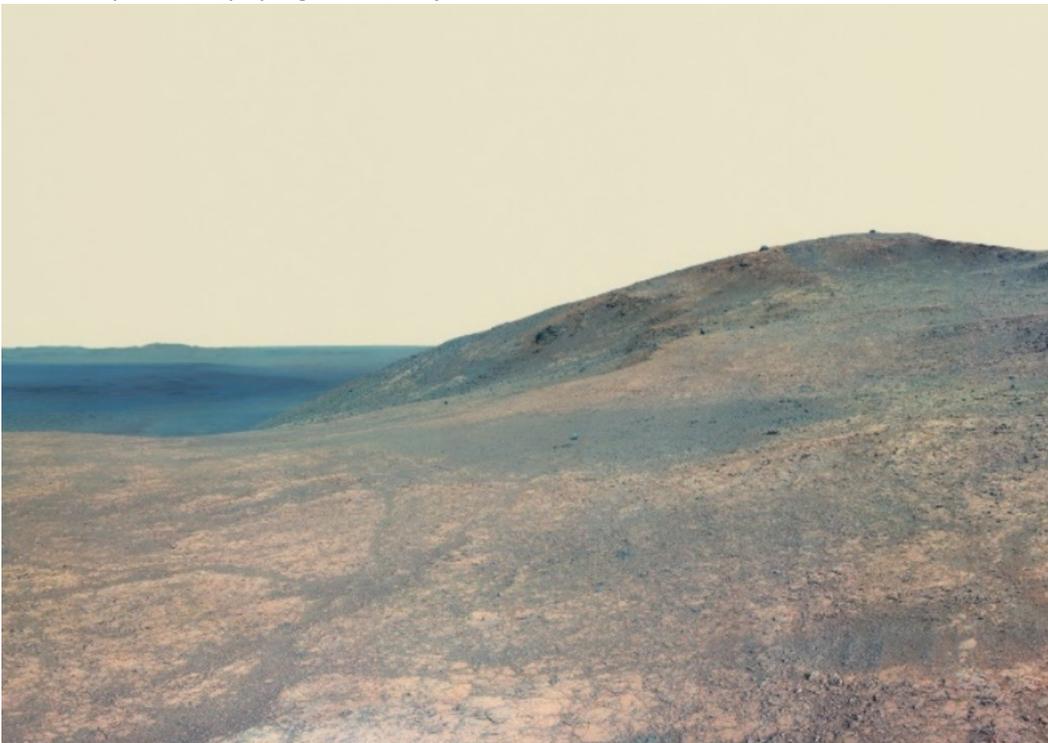


Mise en place

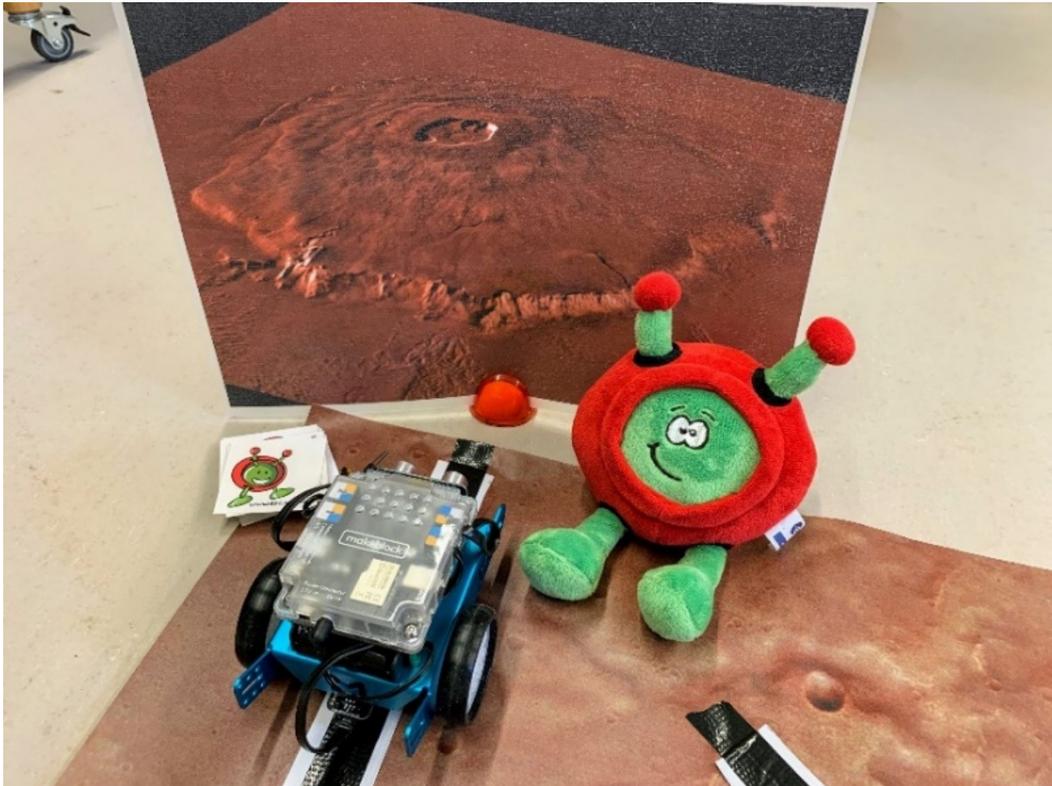
- 1- Placez la photo de la base martienne au coin de la zone 3



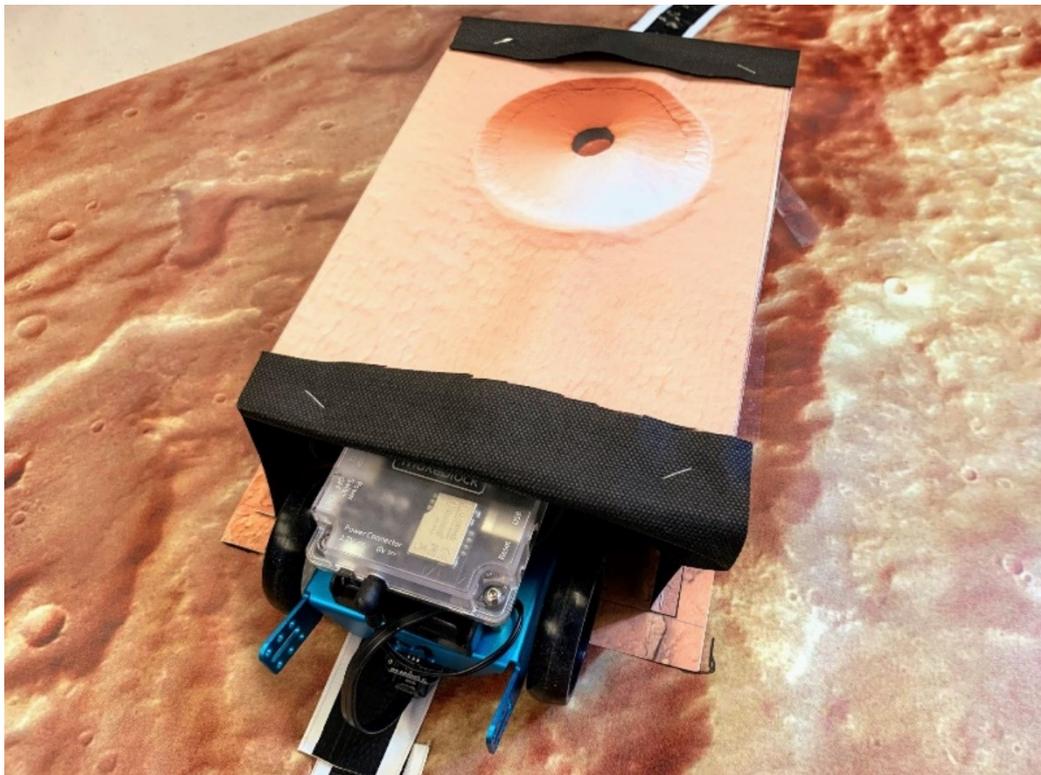
- 2- Placez la photo du paysage de Mars juste à l'extérieur de la carte, à côté de la zone 6.



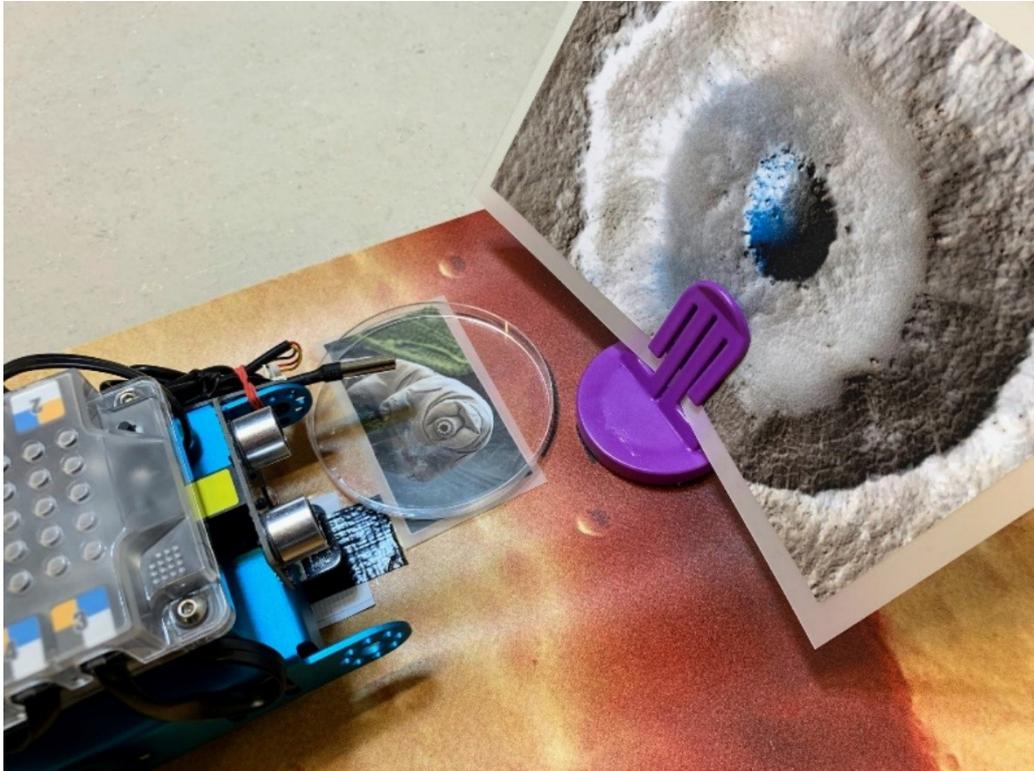
- 3- Placez l'image Olympus Mons verticalement au bout de la route, sous la zone 9 de la carte.
- 4- Placez Paxi (la mascotte de ESERO) et les autocollants de Paxi à côté de Olympus Mons.



- 5- Placez la grotte de Mars sur la zone 8, collez là à la carte avec du papier collant, placer le morceau de route noire traversant la grotte et collez-le également à la carte.



- 6- Sur la zone 1, placez l'image d'impact du cratère de Mars verticalement au bout de la route. Placez la boîte de Pétri à gauche de la route, juste devant l'impact du cratère de Mars. Placez l'image du tardigrade sous la boîte de Pétri et le tardigrade en peluche à côté de la boîte de Petri.



Juste avant le début du défi 4, remplissez la boîte de Pétri d'eau presque bouillante.

Préparation de la leçon

1. Afin d'être plus à l'aise, nous vous conseillons fortement de lire, comprendre et tester [les solutions](#) aux 4 missions avant d'entamer la leçon avec les élèves.
2. Assurez-vous qu'une batterie lithium ou des piles AA sont chargées sur le mBot
3. Connectez-le rover à votre PC à l'[aide du câble USB](#)
4. Appuyez sur le bouton ON.

Lisez votre premier programme

Afin de se familiariser avec le programme mBlock, les élèves doivent faire un premier exercice à la maison pour préparer la leçon. Cet exercice peut être fait sur la version web du programme mBlock Ils et elles ne doivent donc rien installer. Demandez aux élèves de faire les choses suivantes :

- Aller dans le menu Tutoriels -> Programmes d'exemples
- Sélectionnez la scène -> Happy Panda
- Appuyez sur "OK"

Vérifiez que les élèves ont compris

- comment le Panda est contrôlé par les blocs de couleur. Les blocs colorés sont les instructions qu'il suit. Il n'est pas nécessaire d'expliquer tous les blocs en détail. Les élèves doivent découvrir par eux-mêmes ce qu'ils peuvent faire avec chaque bloc.
- La fonction du drapeau vert et du carré rouge.

Après les élèves devront changer le message chinois dans le bloc "say" et de montrer ce que cela change lors de l'exécution du programme. Encouragez-les à jouer avec le programme et à découvrir les fonctionnalités par eux-même.

C'est parti!

La leçon peut commencer. Le jeu de programmation est divisé en 4 missions, précédés par un défi test, appelé *entraînement des pilotes*, à relever en programmant le mBot pour qu'il effectue des tâches spécifiques.

Comme ce module constitue pour beaucoup d'élèves une première familiarisation avec Scratch, les élèves ne doivent pas programmer chaque exercice de zéro. A la fin de chaque mission des fichiers sont donnés. Ces fichiers contiennent une partie de la solution. Les élèves doivent donc seulement compléter le fichier afin d'obtenir la solution finale. Pour ceci, les élèves doivent sauvegarder les fichiers sur leur ordinateur. Puis de l'interface mBlock ils doivent les ouvrir à partir de leur ordinateur.

Pour des classes d'élèves ayant déjà une expérience avec Scratch, rien ne vous empêche bien sur de ne pas utiliser ces fichiers et de laisser les élèves programmer les missions de zéro.

Les missions ont été conçus pour être de difficulté croissante, en demandant d'abord aux élèves de se concentrer sur les valeurs des variables (mission 1) puis sur la logique du programme (mission 2) pour ensuite mélanger les 2 aspects (mission 3 et mission 4).

Écrivez votre premier programme: entraînement des pilotes

Pour ce premier exercice, la mission est de

- 1- faire rouler le mBot tout droit sur la table,
- 2- arrêter le mBot dès qu'il se retrouve à moins de 10 cm d'un obstacle en utilisant le capteur à ultrasons. L'obstacle peut être la main de l'élève, un livre ou n'importe quel autre objet.

Mission 1

Contexte :

Le rover se trouve au centre de la carte, dans une vallée asséchée et reçoit l'ordre de retourner à sa base d'origine pour recevoir une nouvelle mission.

Mission :

Les élèves doivent retourner à la base de la zone 3 en suivant la ligne noire avec le capteur de suivi de ligne.

Dans la bibliothèque d'instructions "Détection", il y a **2 blocs** associés au suiveur de ligne :

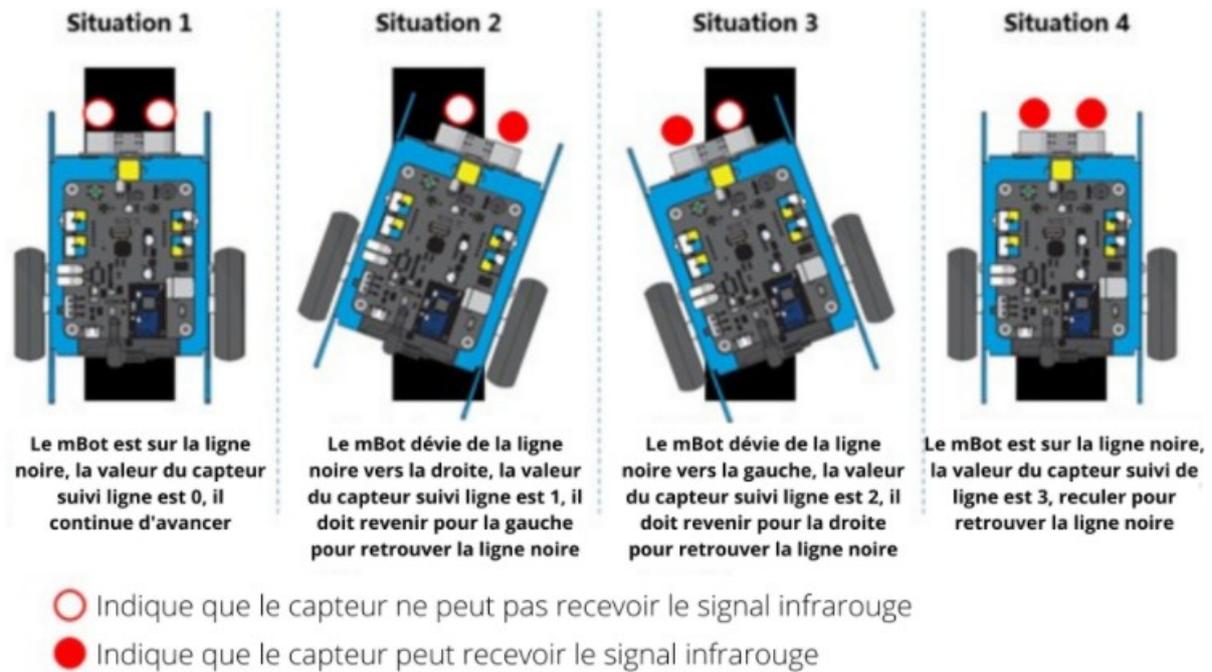
 afficher la valeur du capteur suivi ligne port 2 ▼

Ce premier bloc renverra un nombre entre 0 et 3 sur base des valeurs suivantes :

Capteur 1 (Gauche)	Capteur 2 (Droite)	Valeur de retour
■	■	0
■	□	1
□	■	2
□	□	3

 le capteur de suiveur de ligne port 2 ▼ détecte noir ▼ côté gauche ▼ ?

Le deuxième bloc renvoie soit true soit false.



Programmation :

- ✓ Les élèves doivent télécharger [l'exercice à compléter](#)

Note importante: En général, pour le suivi de ligne les élèves ont intuitivement tendance à programmer en utilisant **des commandes utilisant le temps** pour tourner à gauche ou à droite, ce qui rend très difficile le suivi de ligne vu que la notion de temps dépend de la puissance du moteur à ce moment-là. En plus nous avons remarqué que les élèves, et les adultes, sous-estiment la longueur d'une seconde.

Au lieu de programmer ceci,

```

si [afficheur] afficher la valeur du capteur suivi ligne port 2 = 1 alors
  [moteur] tourner à gauche à 50 % de puissance pendant 1 secondes
  
```

il est bien plus fiable d'utiliser le temps de réaction du capteur de suivi de ligne et de ralentir la puissance des moteurs

```

si [afficheur] afficher la valeur du capteur suivi ligne port 2 = 1 alors
  [moteur] roue gauche tourne à 10 % de puissance, roue droite à 50 % de puissance
  
```

Malheureusement pour la commande reculer, on est obligé de travailler avec des secondes. Faites bien attention ici à ce que les élèves ne mettent pas un temps trop élevé (pas plus qu'une seconde).

Mission 2

Contexte:

Le rover est de retour à sa base et reçoit l'ordre d'**essayer de découvrir la vie sur Mars** !

Le satellite ExoMars a trouvé des emplacements potentiels intéressants et a donné les points GPS à visiter.

La base a également reçu un message d'urgence de Paxi, qui rencontre des problèmes techniques avec son vaisseau spatial non loin d'Olympus Mons, la plus haute montagne de Mars.

Les élèves doivent d'abord sauver Paxi qui sera d'une grande aide pour notre mission étant donné sa bonne connaissance des paysages de Mars.

Mission :

- 1- Suivre la ligne noire de la zone 3 à la zone 9.
- 2- S'arrêter devant le mont Olympus grâce au capteur à ultrasons.
- 3- Produire un signal lumineux avec les lampes LED du mBot pour prévenir Paxi de votre arrivée
- 4- Faire « monter Paxi à bord » en offrant un autocollant de Paxi à l'élève

Programmation :

- ✓ Télécharger [l'exercice à compléter](#)

Mission 3

Contexte:

Le satellite ExoMars a indiqué l'emplacement d'une grotte martienne à explorer, qui pourrait contenir de la vie. Les élèves doivent aller sous la grotte et la scanner.

Mission :

- 1- Suivre la ligne noire de la zone 9 à la zone 8
- 2- S'arrêter à l'intérieur de la grotte lorsque le capteur de lumière détecte une baisse de l'intensité lumineuse.
- 3- Produire un signal sonore simulant un laser qui scanne l'intérieur de la grotte.

Programmation :

- ✓ Télécharger [l'exercice à compléter](#)

Mission 4

Contexte:

Les élèves n'ont pas trouvé de vie à l'intérieur de la grotte de Mars, mais il reste un autre endroit prometteur.

Soudain, on entend le bruit d'une météorite qui s'écrase non loin de la grotte. Ils et elles doivent se rendre au site du crash pour chercher une trace de vie.

Mission :

On simule le crash de la météorite en frappant dans les mains.

En utilisant le capteur de son, le mBot doit

- 1- Attendre le son du crash de la météorite grâce à son capteur de son.
- 2- Mesurer si la température à l'intérieur de la grotte est positive pour tester le capteur de température.
- 3- S'arrêter devant l'impact de la météorite
- 4- Mesurer la température pour détecter une source d'eau chaude supérieure à 30°C contenant de la vie.
- 5- Jouer une "chanson de la victoire", que vous avez composée sur le mBot, lorsque la température est supérieure à 30°C !

Programmation :

- ✓ Télécharger [l'exercice à compléter](#)

Notes importantes :

Avant de faire rouler le rover, remplissez la boîte de Petri avec de l'eau très chaude, presque bouillante.

La leçon

Lisez votre premier programme (à faire à la maison)

- Allez dans le menu Tutoriels -> Programmes d'exemples
- Sélectionnez la scène -> Happy Panda
- Appuyez sur "OK"

Si vous démarrez ce programme, pouvez-vous **prédire** ce qu'il fera ?

Réfléchissez aux questions suivantes:

- Comment le Panda est-il contrôlé par les blocs de couleur ?
- Les blocs colorés sont les instructions qu'il suit. Essayez de découvrir ce que vous pouvez faire avec chaque bloc.
- Essayez de comprendre quelle est la fonction du drapeau vert et du carré rouge.
- Changez le message chinois dans le bloc "say" et montrez ce que cela change lors de l'exécution du programme.

Écrivez votre premier programme : entraînement des pilotes

Voilà votre premier exercice :

1. Faites rouler le mBot tout droit sur la table devant vous.
2. Arrêtez le mBot dès qu'il se retrouve à moins de 10 cm d'un obstacle en utilisant le capteur à ultrasons. L'obstacle peut être votre main par exemple.

Mission 1

Contexte :

Le rover se trouve au centre de la carte, dans une vallée asséchée et reçoit l'ordre de retourner à sa base d'origine pour recevoir une nouvelle mission.

Mission :

Vous devez retourner à la base de la zone 3 en suivant la ligne noire avec le capteur de suivi de ligne.

Aide :

Dans la bibliothèque d'instructions "Détection", il y a **2 blocs** associés au suiveur de ligne :

 afficher la valeur du capteur suivi ligne port 2 ▼

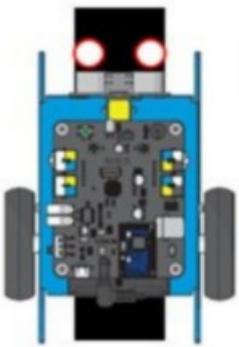
Ce premier bloc renverra un nombre entre 0 et 3 sur base des valeurs suivantes :

Capteur 1 (Gauche)	Capteur 2 (Droite)	Valeur de retour
■	■	0
■	□	1
□	■	2
□	□	3

Le deuxième bloc renvoie soit true soit false.

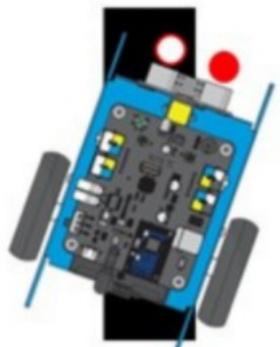
 le capteur de suiveur de ligne port 2 ▼ détecte noir ▼ côté gauche ▼ ?

Situation 1



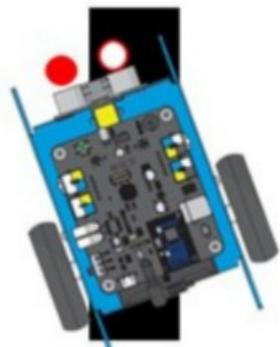
Le mBot est sur la ligne noire, la valeur du capteur suivi ligne est 0, il continue d'avancer

Situation 2



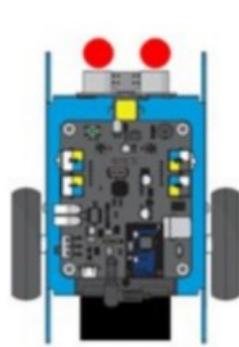
Le mBot dévie de la ligne noire vers la droite, la valeur du capteur suivi ligne est 1, il doit revenir pour la gauche pour retrouver la ligne noire

Situation 3



Le mBot dévie de la ligne noire vers la gauche, la valeur du capteur suivi ligne est 2, il doit revenir pour la droite pour retrouver la ligne noire

Situation 4



Le mBot est sur la ligne noire, la valeur du capteur suivi de ligne est 3, reculer pour retrouver la ligne noire

 Indique que le capteur ne peut pas recevoir le signal infrarouge

 Indique que le capteur peut recevoir le signal infrarouge

Programmation :

- ✓ Téléchargez [l'exercice à compléter](#)

Mission 2

Contexte:

Le rover est de retour à sa base et reçoit l'ordre d'**essayer de découvrir la vie sur Mars !**

Le satellite ExoMars a trouvé des emplacements potentiels intéressants et a donné les points GPS à visiter.

La base a également reçu un message d'urgence de Paxi, qui rencontre des problèmes techniques avec son vaisseau spatial non loin d'Olympus Mons, la plus haute montagne de Mars.

Vous devez d'abord sauver Paxi qui sera d'une grande aide pour notre mission étant donné sa bonne connaissance des paysages de Mars.

Mission :

- 5- Suivez la ligne noire de la zone 3 à la zone 9.
- 6- Arrêtez-vous devant le mont Olympus grâce au capteur à ultrasons.
- 7- Produisez un signal lumineux avec les lampes LED du mBot pour prévenir Paxi (la mascotte de ESERO) de votre arrivée
- 8- Faites « monter Paxi à bord » en prenant un autocollant de Paxi.

Programmation :

- ✓ Télécharger [l'exercice à compléter](#)

Mission 3

Contexte:

Le satellite ExoMars a indiqué l'emplacement d'une grotte martienne à explorer, qui pourrait contenir de la vie. Vous devez aller sous la grotte et la scanner.

Mission :

- 4- Suivez la ligne noire de la zone 9 à la zone 8
- 5- Arrêtez-vous à l'intérieur de la grotte lorsque le capteur de lumière détecte une baisse de l'intensité lumineuse.
- 6- Produisez un signal sonore simulant un laser qui scanne l'intérieur de la grotte.

Programmation :

- ✓ Télécharger [l'exercice à compléter](#)

Mission 4

Contexte:

Vous n'avez pas trouvé de vie à l'intérieur de la grotte de Mars, mais il reste un autre endroit prometteur.

Soudain, on entend le bruit d'une météorite qui s'écrase non loin de la grotte. Vous devez vous rendre au site du crash pour chercher une trace de vie.

Mission :

Simulez le crash de la météorite en frappant dans les mains.

- 6- Attendez le son du crash de la météorite (simulé par vos mains) grâce au capteur de son du mBot.
- 7- Mesurez si la température à l'intérieur de la grotte est positive pour tester le capteur de température.
- 8- Arrêtez-vous devant l'impact de la météorite
- 9- Mesurez la température pour détecter une source d'eau chaude supérieure à 30°C contenant de la vie.
- 10- Jouez une "chanson de la victoire", que vous avez composée sur le mBot, lorsque la température est supérieure à 30°C !

Programmation :

- ✓ Télécharger [l'exercice à compléter](#)

Idées d'évaluation d'apprentissage

Écrire un petit programme du début à la fin

Dans ce travail, les élèves donnent une suite d'instructions à une image, par exemple l'image de [Paxi](#), ou une autre image qu'ils choisissent.

Préparation :

1. Téléchargez [l'image de Paxi](#) sur votre ordinateur
2. Ouvrez le programme « mBlock »
3. Dans l'onglet « Objets » à gauche, supprimez l'image du Panda
4. Toujours dans l'onglet « Objets » cliquez sur le bouton « Ajouter » puis « Exporter » et sélectionnez l'image de Paxi que vous avez précédemment téléchargé.
5. Cliquez sur « OK »
6. Toujours dans l'onglet « Objets », diminuez la taille de l'image de Paxi de 100 à 30



Exercice :

Créer un nouveau programme où Paxi suit indéfiniment le pointeur de votre souris **sans jamais le toucher**.

Pour réfléchir

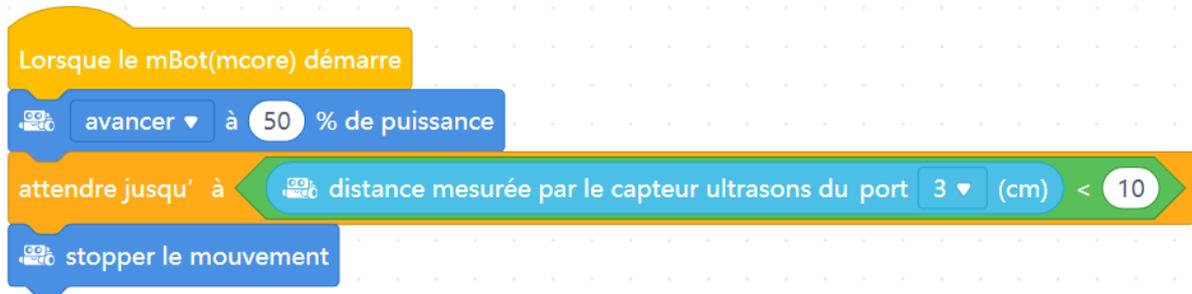
Réfléchissez en groupe sur la question suivante:

Selon vous, quelles sont les différences avec la programmation du [vrai rover ExoMars](#) ?

Faites un mini-exposé, un poster ou une dissertation.

Solutions

Solution : Écrire son premier programme



```
Lorsque le mBot(mcore) démarre
  avancer à 50 % de puissance
  attendre jusqu' à distance mesurée par le capteur ultrasons du port 3 (cm) < 10
  stopper le mouvement
```

Solution : Mission 1 – retour à la base



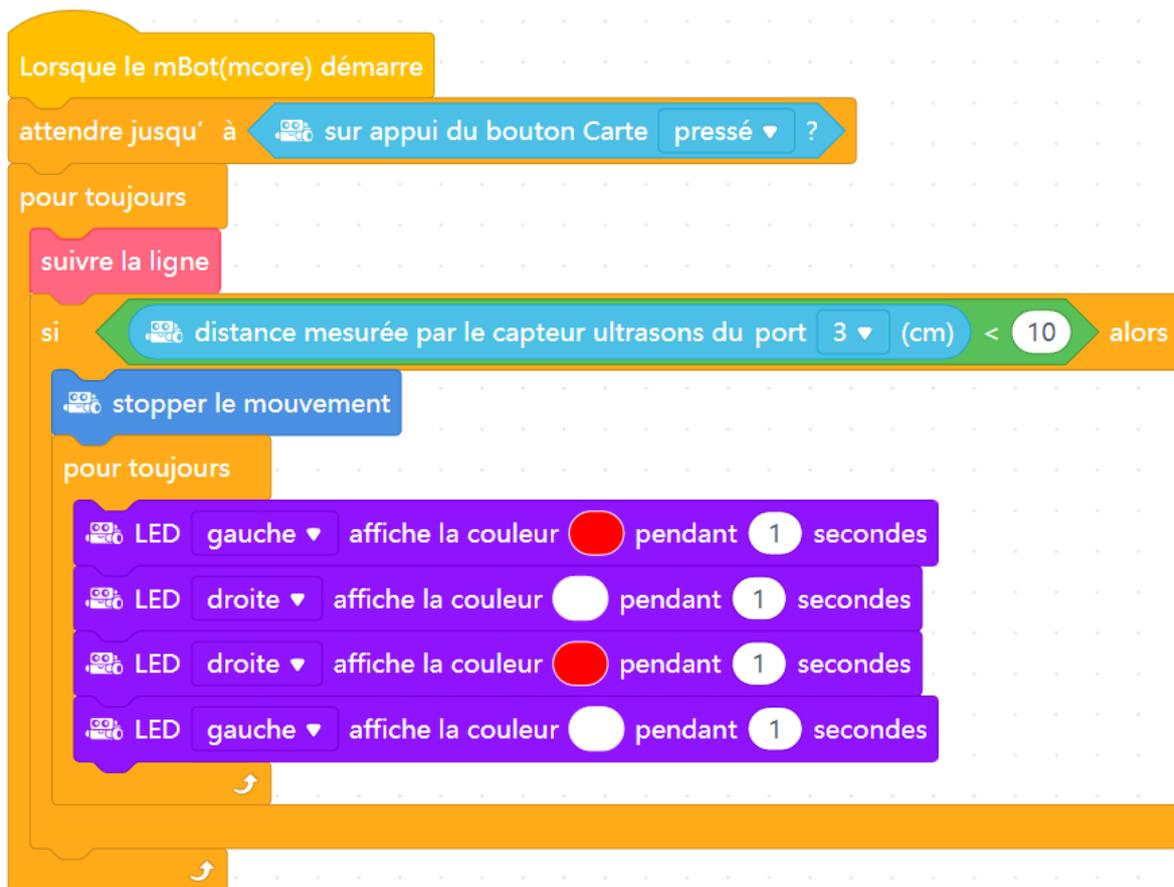
```
Lorsque le mBot(mcore) démarre
  attendre jusqu' à sur appui du bouton Carte pressé ?
  pour toujours
    si afficher la valeur du capteur suivi ligne port 2 = 0 alors
      avancer à 30 % de puissance
    si afficher la valeur du capteur suivi ligne port 2 = 1 alors
      roue gauche tourne à 10 % de puissance, roue droite à 50 % de puissance
    si afficher la valeur du capteur suivi ligne port 2 = 2 alors
      roue gauche tourne à 50 % de puissance, roue droite à 10 % de puissance
    si afficher la valeur du capteur suivi ligne port 2 = 3 alors
      reculer à 30 % de puissance pendant 0.5 secondes
```

Alternativement vous pouvez télécharger [la solution](#).

Remarques :

1. La première commande « attendre jusqu'à sur appui du bouton Carte pressé » n'est pas vraiment nécessaire au bon fonctionnement du programme. Nous avons ajouté cette commande pour que le robot ne démarre qu'au pressé du bouton. Sinon il démarre directement sur la table quand les élèves le branchent à l'ordinateur pour charger le programme.
2. Il est normal que le robot finit cette mission en reculant et avançant en alternance jusqu'à l'infini.
3. Faites attention à ce que les élèves ne mettent pas un nombre de secondes trop élevé dans la dernière commande. Sinon le robot recule trop et quitte la ligne. La boucle reculer/avancer à la fin de la mission constitue un bon test pour vérifier que les élèves n'ont pas mis un nombre de secondes trop élevé.
4. Faites aussi attention à ce que les élèves ne mettent pas un nombre de pourcentage de puissance trop élevé. 30 % suffisent largement pour avancer et reculer. 50 % et 10 % sont parfait pour tourner. Bien sur de petites déviation de ces nombres fonctionneront impeccablement aussi.

Solution : Mission 2 – S'arrêter devant Olympus Mons

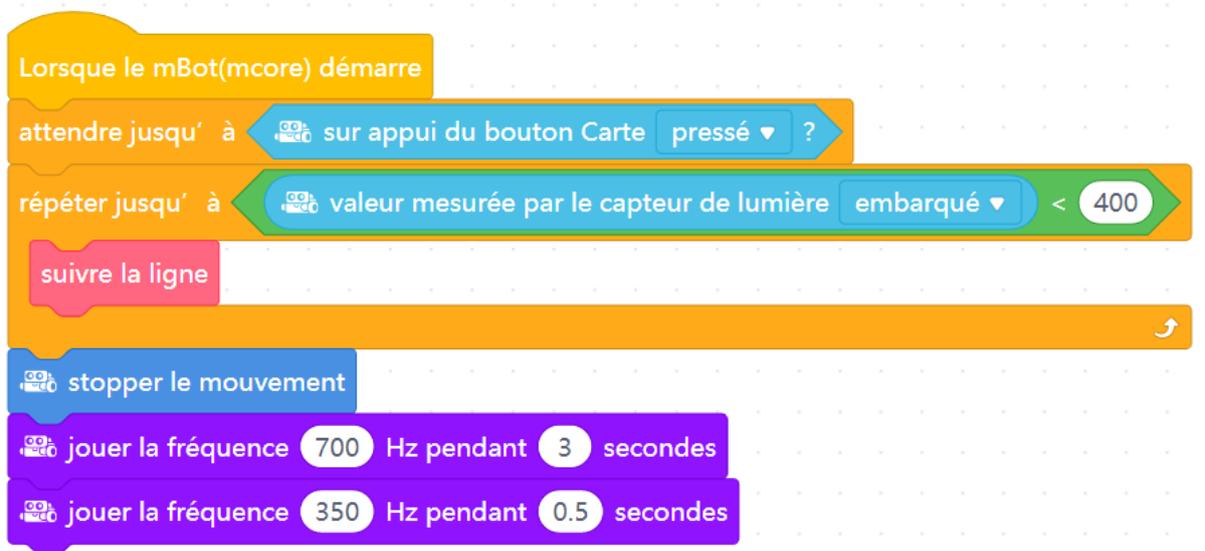


Alternativement vous pouvez télécharger [la solution](#).

Remarques :

- La commande *suivre la ligne* est simplement un nom donné au programme de la mission 1.

Solution : Mission 3 – Explorer une grotte de Mars



Alternativement vous pouvez télécharger [la solution](#).

Remarques :

1. Les puissances sont légèrement augmentées dans le programme « suivre la ligne ». Ceci est dû au fait que les piles seront plus usées après un certain temps et du coup il faut augmenter la puissance pour faire rouler le robot.

Solution : Mission 4 – Trouver la vie !

The image shows a Scratch script for a robot mission. The script starts with a yellow 'When mBot (mcore) starts' block. This is followed by an orange 'wait until' block with a green condition: 'volume du capteur de sons port 4 > 500'. Below this is an orange 'if' block with a green condition: 'température mesurée sur le port 1 Slot 1 en °C > 0'. Inside the 'if' block is an orange 'wait 1 secs' block. After the 'if' block, there is an orange 'repeat until' block with a blue condition: 'distance mesurée par le capteur ultrasons du port 3 (cm) < 12'. Inside the 'repeat until' block is a pink 'follow the line' block. Below the 'repeat until' block is a blue 'stop movement' block. Finally, there is an orange 'forever' loop block with a green condition: 'température mesurée sur le port 1 Slot 1 en °C > 30'. Inside the 'forever' loop is a pink 'send signal: we have discovered life on Mars!' block.

Alternativement vous pouvez télécharger [la solution](#).

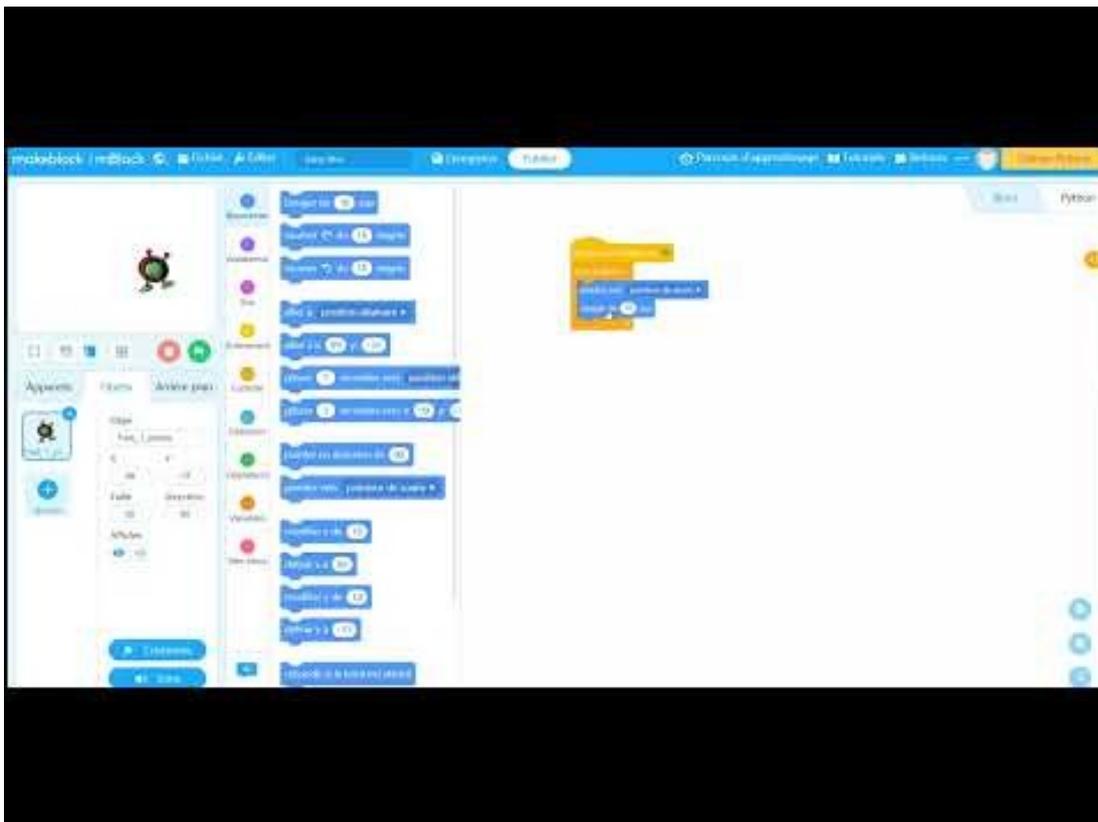
Remarque :

1. Les puissances sont augmentées dans le programme « suivre la ligne ». Ceci est dû au fait que les piles seront plus usées après un certain temps et du coup il faut augmenter la puissance pour faire rouler le robot.
2. La commande « Envoyer le signal : nous avons découvert la vie sur Mars ! » constitue un petit programme à part dans lequel les élèves peuvent composer leur propre musique de victoire.

Solution : Évaluation d'apprentissage:



Illustration en vidéo :



Source: https://youtu.be/hBSLWOGTa_8

Pour aller plus loin

A la découverte de la planète Mars

Les êtres humains entreprennent des missions en quête de la planète Mars depuis les années 60. La sonde Mariner 4 de la NASA a été lancée le 28 novembre 1964 et a été la première à survoler Mars le 14 juillet 1965. Jusqu'aujourd'hui 4 agences spatiales ont achevé avec succès des missions à la découverte de la planète rouge: la NASA (National Aeronautics and Space Administration), la ISRO (Indian Space Research Organisation), le programme spatial de l'union soviétique et de la Russie et la ESA (European Space Agency).

Pendant les années 60 et le début des années 70 plusieurs sondes ont été envoyées pour survoler Mars. La mission la plus réussie était celle de la sonde Mariner 9 de la NASA, qui a été lancée fin 1971. Mariner 9 est restée pendant presque une année dans l'orbite de Mars et a pu faire plus que 7000 photos de Mars, ce qui a drastiquement changé notre perception de cette planète.

C'est finalement en 1975 que la NASA envoie deux paires de sondes orbitales et atterrisseurs. Remarquons qu'une sonde orbitale est une sonde spatiale qui se met en orbite d'un corps céleste alors qu'un atterrisseur désigne un engin spatial destiné à se poser sur la surface d'un astre. Viking 1 et Viking 2 se posent sur Mars et y restent pendant plusieurs années. Malheureusement elles ne trouvent pas de trace évident de vie sur Mars.

Fin des années '90 une carte complète de Mars du pôle nord au pôle sud est établie par l'orbiteur le Mars Global Surveyor de la NASA . Presqu'en même temps, la NASA lance le Mars Pathfinder, qui consiste en un atterrisseur et un rover, le fameux Sojourner, qui était le premier rover à avoir opéré en dehors de la terre et la lune. Un rover est un véhicule à moteur conçu pour se déplacer sur la surface d'une planète ou d'une lune (contrairement à un atterrisseur, qui lui reste immobile une fois qu'il a atterri sur un astre). Pour une classification complète des différents vaisseaux spatiaux, veuillez considérer [cette page explicative de la NASA](#).

L'orbiteur Mars Odyssey, qui est toujours en orbite autour de Mars, a été lancé par la NASA en 2001. En 2003, la ESA envoie une mission avec un orbiteur et un atterrisseur, appelés Mars Express et Beagle, vers Mars. L'atterrisseur était malheureusement perdu pendant l'atterrissage, mais l'orbiteur est toujours en mission. [Ici](#) vous pouvez voir les photos et les films envoyés par le Mars Express.

En 2004 la NASA a envoyé deux autres rovers sur Mars, appelés Spirit et Opportunity. Spirit s'est cassé dans une dune de sable en 2010 pendant que Opportunity a survécu jusqu'en 2018, où il s'est éteint pendant une tempête de sable.

En 2006, un autre orbiteur de la NASA, le Mars Renaissance Orbiter, a été mise en orbite et depuis il nous a envoyé plus de données sur Mars que toutes les autres missions réunies. Une année plus tard, la NASA a envoyé le Mars Phoenix, un autre atterrisseur stationnaire. Malheureusement la NASA a perdu contact avec lui après quelques mois et l'a déclaré mort en 2010.

Un nouveau rover de la NASA bien plus puissant que tous les autres, le Curiosity, est arrivé sur Mars en 2012. Le design de Curiosity a inspiré le développement du rover Perseverance, qui a atterri sur Mars en février 2021. Une des missions principales de Perseverance est la collecte d'échantillons du sol de Mars. Ces échantillons seront prévus d'être ramenés à la terre en 2031 par une mission jointe de la NASA et de l'ESA. Pour les dernières nouvelles de Perseverance, [consultez la page suivante](#) .

Finalement n'oublions pas la mission ExoMars qui est une collaboration de la ESA et de l'agence spatiale russe Roscosmos. La mission contient un atterrisseur, appelé Schiaparelli, envoyé en 2016 vers Mars mais qui s'est cassé lors de l'atterrissage et un orbiteur, appelé Trace Gas Orbiter, envoyé dans la même année et qui y est encore. Puis dans la même mission, un rover, appelé Rosalind Franklin, devrait être envoyé vers Mars encore cette année (2022). Le nom fait référence à la scientifique britannique derrière la découverte de la structure de l'ADN. "Ce nom nous rappelle que l'exploration est inscrite dans les gènes humains. La science est dans notre ADN, et dans tout ce que nous faisons à l'ESA. Le rover Rosalind capture cet esprit et nous transporte tous à l'avant-garde de l'exploration spatiale," a déclaré le directeur de la ESA (ESA, 2019b). Malheureusement, en vue de la situation actuelle, l'ESA a annulé complètement la mission ExoMars (Science.lu, 2022).

Mentionnons que d'autres pays développent aussi des missions vers Mars: h

- la mission [Mars Orbiter Mission](#) de l'Inde , arrivée en orbite en 2016,
- la mission [Hope Probe](#) des Émirates Arabe, envoyée vers Mars en 2020,
- la mission Tianwen-1 de la Chine, arrivée en orbite et sur mars en 2021,
- la mission Mars Moons Exploration Mission du Japon, prévue pour 2024.

Pour finir, remarquons que ce résumé donne l'impression que la quête de Mars est remplie de missions réussies, alors qu'en réalité à côté des missions réussies citées plus haut, il y avait beaucoup de missions vouées à l'échec. Ceci illustre bien le fonctionnement de la recherche scientifique : l'histoire ne retient souvent que les réussites et les succès alors qu'en réalité chaque découverte, invention ou percée scientifique a été, est et sera toujours précédée de nombreux échecs, qui ne seront pas mentionnés et oubliés par après.

Pourquoi explorer Mars?

Bien sûr la quête de l'univers et le défis d'aller plus loin a toujours intéressé l'homme. Les raisons purement scientifiques d'aller explorer Mars sont les suivantes :

- la recherche de la vie sur Mars,
- caractériser le climat et la géologie de la planète rouge,
- préparer le terrain en vue d'une future exploration humaine.

Comprendre si il y a une vie en dehors de la vie sur terre est une question fondamentale. Comme Mars est la planète la plus semblable à notre terre, c'est un endroit privilégié pour investiguer cette question.

Comprendre la géologie de Mars est importante pour comprendre l'histoire de la planète. Étudier l'atmosphère de Mars peut aider à comprendre l'évolution de cette atmosphère et pourquoi Mars a aujourd'hui beaucoup moins d'atmosphère que la terre. A long terme ces études aideront à mieux comprendre notre terre et les autres planètes du système solaire.

Finalement, un des buts ultimes est l'exploration humaine. Pour préparer le terrain, il est nécessaire d'étudier les risques à l'avance. C'est pourquoi des robots sont en train d'explorer et de catégoriser la surface de Mars.

Dans la vidéo suivante, le scientifique planétaire Joel Levine explique joliment pourquoi les missions sur Mars sont importantes du point de vue scientifique :

https://www.ted.com/talks/joel_levine_why_we_need_to_go_back_to_mars/transcript?referrer=playlist-what_s_the_big_deal_about_mars#t-254765

La vidéo fait partie d'une série de huit exposés sur Mars (TED, n.d.).

Y a-t-il de la vie sur Mars?

La question la plus excitante de toutes les missions sur Mars est probablement si il y a de la vie sur Mars, sous forme fossile ou même vivante.

Une journée martienne est proche des 24 heures terrestres et la planète a une inclinaison correspondante, de sorte qu'il y a des saisons martiennes et même des régimes climatiques qui correspondent au moins un peu aux nôtres. Beaucoup d'indices montrent que Mars était autrefois beaucoup plus semblable à notre planète terre. Les photos et données qui nous parviennent des différents orbiteurs et sondes spatiales qui étudient Mars, indiquent que même si Mars est une planète sèche aujourd'hui, il y avait de l'eau qui coulaient sur Mars dans le passé. Qui dit eau, dit vie car l'eau est l'élément principale nécessaire au développement d'une vie.

Les premières sondes, Viking 1 et Viking 2, qui se sont posées sur Mars dans les années 70 n'ont pas trouvé de vie sur Mars. Or ce n'est pas une preuve qu'il n'y a pas de vie. Au contraire, des découvertes de microbes au fond de lacs gelés en Antarctique faites par la NASA, nous donnent de l'espoir de trouver de la vie sur Mars, car le climat de l'Antarctique ressemble à celui de Mars aujourd'hui. Sur la terre, des microbes ont aussi été trouvés dans des roches sédimentaires à plus de 1000 mètres en dessous de la surface de la terre, mais aussi dans des dépôts de sels et des cheminées d'eau profondes (Alonso & Szostak, 2019). Ces découvertes indiquent que nos robots n'ont peut-être pas encore cherché aux bons endroits sur Mars.

La mission Viking avait en effet fait quatre expériences différentes pour voir s'il y avait des bactéries dans le sol martien. A l'époque les résultats des quatre expériences semblaient écarter la possibilité de présence de vie. Or aujourd'hui, presque 40 ans plus tard, les scientifiques ont des explications pour l'échec des expériences de Viking et la chasse à la vie martienne reste ouverte.

Aujourd'hui les scientifiques ont aussi développé des techniques beaucoup plus raffinées et discrètes pour détecter la présence d'une vie (ancienne). La plus connue est basée sur la détection et le séquençage de l'ADN. Or il reste a un grand problème avec cette méthode : même si l'ADN est commune à toute vie terrestre, il n'est pas clair que la vie extraterrestre possède une ADN. Des recherches encore plus pointillées prennent du coup différents types de protéines et d'acides aminés comme point de départ pour la recherche d'une vie extraterrestre (McKay & Parro García, 2014).

Le rover Curiosity de la NASA et le futur rover Rosalind Franklin sont équipés d'instruments de mesure afin d'exécuter de nouvelles expériences basées sur ces nouvelles technologies dans la recherche de vie passée ou présente. Un aspect important est de choisir l'endroit atterrissage de ces rovers de manière stratégique.

Pour finir, notons qu'une autre méthode de recherche de vie est la détection de gaz de biosignature dans l'atmosphère de planètes et exoplanètes. C'est une des missions du nouveau James Webb Space Telescope (Wolchover, 2021).

Paradoxe de Fermi : Où sont-ils ?

La question de l'existence de vie dans l'univers en dehors de notre terre est appelée paradoxe de Fermi. En 1950, le physicien Enrico Fermi (Prix Nobel en 1938) déjeune avec des collègues à Los Alamos et ils discutent d'une bande dessinée sur des extraterrestres apparue dans le New Yorker, quand soudainement Fermi dit : « Où sont-ils ? ». Les collègues comprennent tout de suite que Fermi fait référence au fait que le soleil est une étoile plutôt jeune dans notre galaxie et du coup des civilisations plus avancées que nous aurait dû apparaître dans les systèmes planétaires plus vieux et auraient déjà dû coloniser notre galaxie d'une manière ou d'une autre et ainsi se montrer à nous. Remarquons cependant que Fermi ne doutait très probablement pas de l'existence d'autres civilisations. Des explications plus probables de paradoxe sont que les voyages inter-étoiles ne sont tout simplement pas possibles, que le voyage ne valait pas l'effort ou que les civilisations ne survivent pas assez longtemps pour développer les technologies nécessaires. (Gray, 2015).

C'est quoi la vie?

On a vu dans les paragraphes précédents, qu'un des problèmes dans la recherche de vie extraterrestre est le fait qu'on ne sait pas à quoi ressemblera exactement la vie en dehors de notre planète terre. Cette question n'est que le début d'une question beaucoup plus profonde : c'est quoi la vie. Cette question de nature plutôt philosophique paraît tout simple, mais est actuellement très loin d'avoir une réponse claire, même d'un point de vue purement scientifique.

A premier abord, il nous semble facile de décider si une chose est vivante ou non. Malheureusement le monde est plein d'exemples qui se trouvent à la frontière et qui, selon une certaine définition, sont vivante alors qu'elles ne le sont pas selon une autre définition. Dans la vie de tous les jours, ceci ne semble pas être un grand problème. Or, en science, c'est catastrophique, comme l'explique le microbiologiste Radu Popa à la NASA : "C'est intolérable pour toute science. [...] Une science dans laquelle l'objet le plus important n'a pas de définition ? C'est absolument inacceptable. Comment allons-nous en discuter si vous pensez que la définition de la vie a quelque chose à voir avec l'ADN, et que je pense qu'elle a quelque chose à voir avec les systèmes dynamiques ? [...] Nous ne pouvons pas trouver la vie sur Mars parce que nous ne pouvons pas nous mettre d'accord sur ce qu'est la vie." (Zimmer, 2021).

Trouver une définition de la vie qui satisfait tout le monde s'avère par contre très compliqué. C'est ce qu'a essayé de faire le biologiste moléculaire Edward Trifonov en 2011. Il a passé en revue 123 définitions communes de la vie et a essayé d'y voir une sous-définition commune. Le résultat final était que la vie serait une « autoreproduction avec variation ». Or cette définition était vite écartée : un virus informatique s'autoreproduit avec variation, mais personne ne dirait qu'il est vivant.

C'est ici que les philosophes essaient de trouver une réponse en prenant différentes voix. Un courant de la philosophie adhère au principe d'opérationnisme. L'idée est qu'il ne faut pas absolument trouver une définition universelle de ce qu'est la vie, mais que chaque domaine de recherche scientifique travaille avec la définition qui les arrange le mieux. Ainsi la définition que la NASA utilise pour chercher de la vie en dehors de notre planète diffère de celle que les médecins utilisent pour

distinguer entre vivant et mort. Mais ce n'est pas grave, l'important étant que la définition fonctionne pour son propre domaine de recherche.

Un autre courant va plutôt dans la direction de la ressemblance familiale, qui est une idée philosophique selon laquelle on classe des objets dans différents groupes, les objets dans le même groupe pouvant être reliés entre eux par des similitudes sans nécessairement tous partager une similitude commune. Prenant un exemple pour illustrer cette idée : si on demande à une personne de donner une définition du mot jeu, elle ne va probablement pas y arriver. Un jeu peut se jouer à deux, à plusieurs ou même seul. Un jeu peut avoir un gagnant et un perdant, mais ne doit pas nécessairement satisfaire à ce critère. Un jeu peut être pour des enfants, mais il existe aussi des jeux pour adultes. Trouver une définition claire et nette du terme jeu n'est de toute évidence pas simple. Or, si on nous demande d'identifier parmi plein d'objets les objets qui sont des jeux, nous n'aurons probablement aucun problème à le faire. Intuitivement nous savons reconnaître un jeu, sans en avoir une définition exacte. Un jeu satisfait à un certain nombre de critères parmi une liste de critères, mais sans satisfaire nécessairement à toutes ces critères. Et si c'était pareil avec le terme vie ? Dans (Abbott & Persson, 2021), des chercheurs de l'université de Lund ont classifié une longue liste de choses dans différentes catégories en espérant trouver la catégorie qui définit la vie. Ils ont essayé d'établir une liste de propriétés qui sont associées à la vie sans que chaque objet vivant satisfasse nécessairement à toutes ces critères. Cette approche pose malheureusement problème aussi. Une des propriétés de choses vivantes était l'ordre (les êtres vivants ont des structures coordonnées et organisées), tout comme des flocons de neige (qu'on n'aimerait cependant pas classer comme chose vivante). Une autre propriété était celle de l'ADN. Or les globules rouges n'ont pas d'ADN, alors qu'on aimerait bien les classer dans la catégorie des choses vivantes.

Une catégorie d'organisme a vraiment changé la donne sur ce qui est la vie : ce sont les extrémophiles. Les extrémophiles sont des organismes dont les conditions de vie normale sont mortelles pour la plupart des autres organismes. Un exemple connu d'extrémophile est le tardigrade.

Le tardigrade, le plus mignon des extrémophiles

Le tardigrade, aussi appelé ourson d'eau, est un organisme d'un demi millimètre de longueur (juste assez pour être vu à l'œil nu) qui vit un peu partout sur la planète. Il peut être trouvé dans de l'eau salée ou douce, ainsi que dans des endroits terrestres humides, comme dans les mousses dans les forêts. Le tardigrade est souvent désigné comme champion de l'extrême car il peut survivre dans des conditions les plus hostiles : il supporte des températures de -272 à 150 degrés et des pressions jusqu'à 6000 bar. Il peut aussi être exposé à des rayonnements ultraviolets et X. Il peut être privé de nourriture et d'eau et se mettre en état de stase et ce pendant plus que 10 ans. Une fois son état de stase fini, il peut réactiver son métabolisme.

Lors de l'expérience TARDIS (Tardigrades in Space) , des chercheurs de la ESA ont envoyé, en 2007, 3000 tardigrades sur une mission spatiale de 12 jours. « Notre principale découverte est que le vide spatial, qui entraîne une déshydratation extrême et des radiations cosmiques, n'était pas un problème pour les oursons d'eau », explique le chef du projet TARDIS (ESA, 2008).

Récemment des tardigrades ont été installés par l'ESA pendant plus longtemps à l'extérieur de la station spatiale internationale (ISS) et ont survécu au vide spatial, températures extrêmes et rayonnement solaire. Avant les scientifiques étaient convaincus que ces conditions étaient incompatibles avec une quelconque vie (ESA, n.d.b)

Nous vous référons aussi à l'activité [Les Oursons de l'Espace de ESERO Luxembourg](#).

Une approche plus radicale est prise par Carole Cleland, une philosophe de l'Université du Colorado. Pendant de nombreuses années, elle a observé, collaboré et discuté avec des nombreux chercheurs de différents domaines et de différentes institutions (entre autre la NASA) qui avaient tous en commun que leur recherche tournait autour du sujet de la vie. Le résultat est une série d'articles scientifiques regroupés dans un livre (Cleland, 2019). Sa conclusion est que les scientifiques devraient tout simplement arrêter de chercher une définition de la vie, car la vie serait un de ces concepts qui ne sont pas définissable. Après tout, d'après Cleland, « nous ne voulons pas savoir ce que le mot vie signifie pour nous, mais nous voulons savoir ce qu'est la vie ».

Pour un aperçu complet des discussions scientifiques et philosophiques autour de la vie, nous renvoyons le lecteur vers (Zimmer, 2021a) ou (Zimmer 2021b).

L'importance des robots (et des sciences digitales) dans les missions vers Mars

Envoyer des robots sur Mars présente de nombreux avantages. Tout d'abord, il est beaucoup plus facile d'assurer la sécurité d'un robot que celle d'un être humain. Lorsque les hommes ne savaient pas mieux faire, ils envoyaient des animaux comme des chiens ou des singes en mission spatiale pour découvrir tout ce dont un être humain avait besoin. Aujourd'hui, nous savons qu'il peut être très dangereux pour les humains d'aller beaucoup plus loin dans l'espace que l'ISS (International Space Station). De plus, les missions robotisées sont toujours moins chères qu'une mission avec des humains (même si elles sont clairement moins spectaculaires). D'un point de vue organisationnel, les robots sont moins vulnérables que les humains et peuvent opérer dans des environnements beaucoup plus hostiles. Enfin, il y a de nombreuses tâches qu'un robot peut mieux accomplir qu'un humain.

Cependant, comme nous l'avons vu dans ce module, ces robots ne peuvent pas être programmés immédiatement depuis la Terre, car un signal provenant de la Terre prendrait trop de temps (plus ou moins 20 minutes) pour parcourir le trajet entre la Terre et Mars. C'est pourquoi ces robots doivent être programmés à l'avance et fonctionner ensuite de manière autonome.

Les robots sur Mars collectent beaucoup d'informations qu'ils doivent envoyer à la Terre. Cela représente un flux de données assez cohérent qui ne peut actuellement pas être traité dans l'espace et doit être envoyé sous forme de données brutes. De plus, ces rovers martiens ne disposent pas de tous les laboratoires disponibles ici sur Terre. En dehors de l'ISS, on ne peut aujourd'hui utiliser dans l'espace que des ordinateurs dont la puissance est à peu près équivalente à celle dont nous disposons sur Terre il y a 20 ans. "Sans la protection du champ magnétique terrestre ou le blindage de l'ISS", explique le professeur Marcus Völp, chercheur au SnT (Interdisciplinary Centre for Security, Reliability and Trust) de l'Université du Luxembourg, "les ordinateurs que nous utilisons sur Terre feraient beaucoup d'erreurs et finiraient par griller à cause des radiations dans l'espace. Mais nous avons besoin de puissance de calcul, au plus tard lorsque nous voulons récupérer les matières premières des astéroïdes à l'aide d'essaims de robots. ". C'est pourquoi la recherche investit dans le développement de "superordinateurs" qui seront capables d'exister dans l'espace et de traiter les données brutes directement sur place, pour n'envoyer que les données exploitables.

"Bien entendu, nous devons non seulement rendre les robots et les superordinateurs sûrs par rapport aux sources d'erreurs naturelles", poursuit le professeur Völp, "mais aussi les protéger contre

le sabotage. La meilleure façon d'y parvenir est de permettre au robot de faire des erreurs, comme le font parfois les élèves à l'école, sans que rien de grave ne se produise (par exemple en permettant à d'autres élèves d'aider le robot et à d'autres robots de le faire)".

Étant donné que les astronautes sont maintenant sur l'ISS et qu'ils seront bientôt près de la Lune, et un jour sur Mars, et que nous ne pouvons pas former tous les astronautes à l'informatique, ces superordinateurs doivent être aussi autonomes que possible. C'est là que l'intelligence artificielle entre en jeu.

L'intelligence artificielle jouera également un rôle de plus en plus important dans les robots. L'Agence spatiale européenne (ESA) et la National Aeronautics and Space Administration (NASA) prévoient d'envoyer un rover sur Mars en 2026 avec pour mission de récupérer des tubes contenant des échantillons de sol martien. Ces tubes auront été déposés au préalable sur le sol par le rover Perseverance (voir ci-dessus). Le nouveau rover s'appellera Fetch (de l'anglais "to fetch" qui signifie "récupérer"). Il doit être capable de se déplacer de manière aussi autonome que possible, de trouver les tubes et de les récupérer. Pour ce faire, le rover Fetch utilisera des techniques d'intelligence artificielle et de reconnaissance d'image pour trouver de manière autonome les tubes posés sur le sol (ESA, 2020).

L'Université du Luxembourg et le SnT mènent des recherches dans tous ces domaines : la tolérance des erreurs, l'intelligence artificielle sur les robots et bien d'autres encore.

Vidéos éducatives

- [Paxi visite la planète rouge](#)
- [Paxi : Les martiens existent-ils ?](#)
- [Exomars : un avenir prometteur](#)

Quiz Kahoot

- [Les expéditions vers Mars](#)
- [Atmosphère et vie sur Mars](#)
- [Valles Marineris](#)
- [Mont Olympe](#)
- [Les grottes martiennes](#)

Références

1. Abbott, J. K. & Persson, E. (2021). The problem of defining life: a case study using family resemblance. [Preprint]
2. Alonso, R. & Szostak, J.W. (2019). The Origin of Life on Earth, *Scientific American*, September 2019
3. Cleland, C. (2019). *The Quest for a Universal Theory of Life: Searching for Life As We Don't Know It* (Cambridge Astrobiology). Cambridge: *Cambridge University Press*.
Doi:10.1017/9781139046893
4. European Space Agency, ESA (2008). *Tiny animals survive exposure to space*.
https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Research/Tiny_animals_survive_exposure_to_space
5. European Space Agency, ESA (2019a). *Missions to Mars*.
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/05/Missions_to_Mars
6. European Space Agency, ESA (2019b). ESA's Mars rover has a name: Rosalind Franklin.
https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Exploration/ExoMars/ESA_s_Mars_rover_has_a_name_Rosalind_Franklin
7. European Space Agency, ESA, (2020). *Sample Fetch Rover for Mars Sample Return campaign*.
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/02/Sample_Fetch_Rover_for_Mars_Sample_Return_campaign
8. European Space Agency, ESA (n.d.a). *Exploring Mars*.
https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Exploration/Mars
9. European Space Agency, ESA (n.d.b). *Exposure to space and Mars*.
https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Blue_dot/Exposure_to_space_and_Mars
10. Gray, R.H. (2015). The fermi paradox is neither Fermi's nor a paradox. *Astrobiology*. 2015 Mar;15(3):195-9. doi: 10.1089/ast.2014.1247.
11. McKay, C.P. & Parro García, V. (2014). How to Search for Life on Mars, *Scientific American*, June 2014
12. Science.lu. (2022). *ESA stoppt gemeinsame Mars-Mission mit Russland*.
<https://science.lu/de/esa-stoppt-gemeinsame-mars-mission-mit-russland>
13. Space.com (n.d.). *Mars missions: A brief history*. <https://www.space.com/13558-historic-mars-missions.html>
14. TED (n.d.). *What's the big deal about Mars*.
https://www.ted.com/playlists/414/what_s_the_big_deal_about_mars
15. Wolchover, N. (2021). The Webb Space Telescope Will Rewrite Cosmic History. If it Works., *Quantamagazine*, December 2021

16. Zimmer, C. (2021a). What is Life ? The Vast Diversity defies easy Definition. *Quantamagazine*, March 2021
17. Zimme, C. (2021b). *Life's Edge. The Search for what it means to be alive*. New York, NY : Dutton, 2021

Crédits

- Copyright © ESERO Luxembourg 2021-2022
- Licence <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.fr>

