

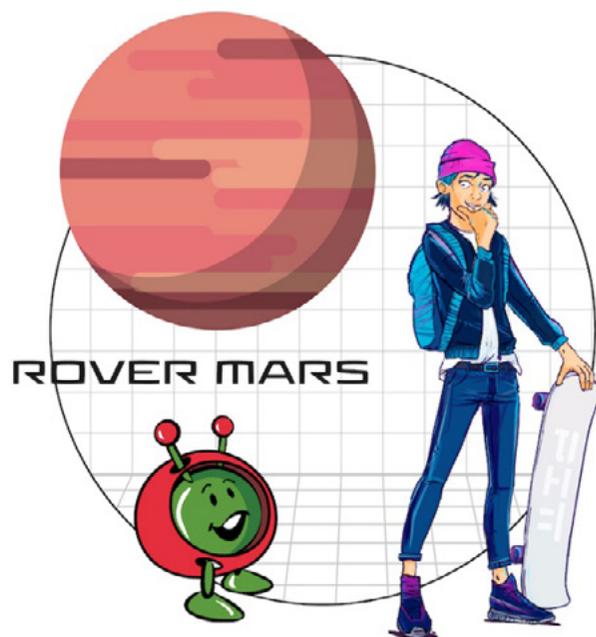


4#Discover Life on Mars With a Rover

1.1 Indication didactique

Sandra Baumann, Dominic Harion & Ann Kiefer

Le module #Discover Life on Mars with A Rover a été développé en collaboration avec [ESERO Luxembourg](#) (European Space Education Ressource Office). ESERO conçoit, tant pour les écoles primaires que pour les écoles secondaires, du matériel pédagogique adapté aux programmes scolaires luxembourgeois dans les matières STIM (Science, Technologie, Ingénierie et Mathématiques), mais toujours en lien avec le thème de l'espace. Dans la filière Bachelor en Sciences de l'Éducation (BScE) de l'Université du Luxembourg, ESERO Luxembourg soutient également les futurs enseignant-e-s du primaire dans le développement d'une compétence scientifique globale – les étudiant-e-s travaillent par exemple sur les ressources développées par ESERO dans le cadre du projet « teach with Space » sur le thème du changement climatique [Andersen et al., 2021].



La présente unité d'enseignement #Discover life on Mars with a Rover traite de la thématique des 10 et a été intégrée à la découverte de l'espace. L'objectif est d'amener dans la salle de classe la fascination suscitée par l'espace, d'inciter les jeunes à apprendre et travailler en autonomie par le biais de ce thème et de développer leur motivation pour les processus

d'apprentissage : l'espace avec toutes ses facettes est un thème 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'enthousiasme et la curiosité. D'autre part, l'espace fait office de support pour la thématique des robots qui, sortent la programmation d'un cadre plus théorique dans un cadre très appliqué.

Tim Peake, astronaute de l'ESA, met en lumière le potentiel pédagogique du thème de l'espace dans une interview réalisée dans le cadre de l'[Esero UK Secondary Space Conference](#). Peake est convaincu que la fascination suscitée par l'espace peut être transposée à de nombreux domaines d'apprentissage et matières scientifiques dans le cadre de l'enseignement. Selon lui, l'espace et le travail de l'ESA peuvent être utilisés comme des plateformes uniques pour intéresser les enfants et les jeunes aux thèmes de l'espace et de la conquête spatiale, ainsi que pour éveiller leur intérêt pour le travail des astronautes, des ingénieurs et des scientifiques. Peake voit un avantage décisif dans le fait que les contenus d'apprentissage sur l'espace ont un sens pour les enfants et les adolescents : les notions abstraites des mathématiques, de la physique, de la chimie ou de la biologie deviennent ainsi concrètes et tangibles. C'est ce que Peake appelle « space as an educational outreach tool » [UK ESERO, n.d.]. Le module #Discover Life on Mars with a Rover n'a pas non plus pour objectif d'intégrer le codage à un environnement purement virtuel, où les programmes créés par les élèves entraînent simplement une réponse sur écran (c'est-à-dire programmer des images en mouvement, des effets sonores, etc.). En testant le fonctionnement des instructions de commande programmées par les élèves sur un robot, on crée une réaction qui reflète directement l'efficacité, les réussites et les échecs des élèves. La robotisation ajoute ici un niveau supplémentaire en permettant aux algorithmes conçus par les élèves de fournir « une rétroaction spatiale », un aspect tangible qui permet aux apprenant-e-s de chercher des solutions dans un cadre d'apprentissage moins traditionnel et scolaire (INRIA, 2020).

La programmation permet ainsi d'aborder l'erreur, en classe, dans le cadre de l'apprentissage par l'expérience [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). Grâce à la programmation, les élèves peuvent faire l'expérience d'une approche positive de l'erreur, car le message d'erreur est immédiat : un programme informatique ne porte pas de jugement, il ne fait que détecter l'erreur et la signaler. Il offre à l'élève la possibilité de faire un nouvel essai ludique jusqu'à ce que son travail aboutisse au résultat souhaité. Ainsi, même les élèves les moins performant-e-s ont la possibilité de terminer leur tâche correctement.

La programmation aide également les élèves à développer une méthode de travail approfondie, car un programme ne fonctionne que s'il est configuré correctement à 100 %. C'est en cela qu'elle diffère de l'approche scolaire dans laquelle les élèves travaillent pour être « assez bons » plutôt que « bons ». Les apprenant-e-s ont par exemple souvent pour objectif de réussir un test, mais pas d'obtenir un maximum de points. Ce n'est pas le cas en programmation : alors qu'un examen est considéré comme réussi avec 30/60 points, un programme à moitié configuré est inutilisable et ne peut pas fonctionner (INRIA, 2020).

En plus de la réaction fournie par les feed-backs spatiaux, d'une gestion des erreurs propice à l'apprentissage et de l'apprentissage d'un travail approfondi, le module permet enfin une formation à la pensée critique. Par « pensée critique », nous entendons ici spécifiquement la capacité à émettre des hypothèses et à les confirmer et/ou à les prouver – ou à les rejeter. Les mathématiques et les sciences peuvent jouer un rôle fondamental dans le développement de cette capacité chez les apprenant-e-s, car les hypothèses, les relations de cause à effet et les théories sont des éléments essentiels de la modélisation dans les cadres mathématiques et scientifiques. La conscience de pouvoir changer d'avis joue également un rôle important à cet égard. Alors que cette boucle essai-erreur n'est généralement pas réalisable dans un cours classique d'une heure, car un tel processus prend souvent beaucoup plus de temps en laboratoire, la boucle essai-erreur est beaucoup plus courte en informatique, car un programme signale directement une erreur dès le premier essai. Ainsi, les élèves apprennent rapidement à dire « Je pensais que..., mais je constate que..., je vais essayer autre chose » (INRIA, 2020) et peuvent pratiquer une culture positive de l'erreur.

Dans le module *#Discover Life on Mars with a Rover*, des véhicules robotisés comme Opportunity et Curiosity (NASA, 2022) partent en mission sur la planète Mars. Pour qu'un tel rover martien sache ce qu'il doit faire, un-e programmeur-euse doit écrire une série d'instructions que le robot exécute l'une après l'autre (par exemple « déployer les panneaux solaires », « déployer les roues » ou « allumer la caméra »). Il n'est toutefois pas possible de contrôler le rover depuis la Terre, car le signal radio prend entre quatre et 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 donc quatre missions de programmation différentes et successives, de plus en plus complexes. Les missions de base peuvent en partie être reprises pour des tâches plus complexes. L'unité étant une introduction à la programmation, les élèves n'ont 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. Cela correspond également aux schémas des tâches de l'étude ICILS (International Computer and Information Literacy Study 2018, réalisée avec des élèves de 8e année) (Frailon et al., 2019). Les robots utilisés sont les *mBot* de la société *MakeBlock*. Ces robots sont spécialement conçus pour les débutant-e-s et permettent d'enseigner et d'apprendre la programmation robotique de manière simple et ludique. La programmation elle-même se fait via le logiciel *MakeBlock*, un environnement de programmation par blocs basé sur Scratch.

Le module *#Discover Life on Mars with a Rover* se concentre donc sur le développement d'un domaine de compétence spécifique, qui a été modélisé par la récente étude ICILS sous le nom de *Computational Thinking* (CT). Il s'agit de la capacité d'une personne à « identifier les aspects des problèmes du monde réel qui se prêtent à une modélisation informatique, à évaluer des solutions algorithmiques à ces problèmes et à développer elle-même ces solutions de manière à ce qu'elles puissent être mises en œuvre par ordinateur » (Boualam et al., 2021). Le domaine de compétences comprend donc les deux compétences

clés « conceptualiser des problèmes » et « mettre en œuvre des solutions » (ibid.). Les élèves de 8e année (6e/8e) du Luxembourg se situent actuellement en dessous de la moyenne internationale de l'étude dans le domaine de la *pensée computationnelle* ainsi que dans les compétences générales liées à l'ordinateur et à l'information (cf. ibid.).

L'accès à la programmation via Scratch dans le cadre du module *#Discover Life on Mars with a Rover* permet d'acquérir une première expérience des systèmes informatiques et se prête très bien à l'enseignement initial. L'activité de programmation se limite à adapter l'environnement de programmation déjà existant aux exigences des tâches de programmation successives et offre ainsi la possibilité de construire des produits performants avec peu de connaissances préalables dans le domaine de la programmation (Schubert & Schwill, 2011). Grâce à des instructions étape par étape, les apprenant-e-s se familiarisent avec les principes de base de la programmation par blocs et développent des compétences de base en matière de CT, qui peuvent être mises en lien avec d'éventuelles expériences déjà réalisées dans le domaine du codage, tel qu'il est conçu dans l'enseignement fondamental.

¹ Pour une critique du modèle de la pensée computationnelle, voir par exemple Nardelli (2019) ainsi que Tedre & Denning (2016). Tant du point de vue de la psychologie (de l'apprentissage) que de l'épistémologie, il est en effet peu probable que le CT puisse désigner une manière de penser – même nouvelle – qui pourrait être enseignée. Les différents domaines de compétences qui en font partie sont également développés dans d'autres disciplines, comme les mathématiques et les sciences naturelles, ainsi que dans la philosophie et la logique formelle. Pour le présent module PITT, le CT est donc considéré comme un ensemble de caractéristiques, tel qu'il a été conceptualisé dans le cadre de l'ICILS 2018 et mis en œuvre par Boualam et al. 2021. Les compétences regroupées ici sous CT sont donc utilisées de manière descriptive et non normative.

Références :

- Andersen, Katia N., Cornrotte, Frédéric, Trap, Guillaume & Bettelo, Nadia. (2021). Le projet ESERO Luxembourg : conséquences pour la professionnalisation des enseignants sur le thème de l'éducation au développement durable. Rapport national sur l'éducation 2021. <https://doi.org/10.48746/bb2021lu-fr-19>
- Boualam, Rachid, Lomos, Catalina & Fischbach, Antoine. (2021). Compétences en informatique et en information (CIL) et compétences en raisonnement informatique (CT) des élèves de 8e année. Principaux résultats de l'ICILS 2018. Rapport national sur l'éducation 2021. <https://doi.org/10.48746/bb2021lu-fr-26>
- Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique (INRIA). (2020). Éducation et Numérique : enjeux et défis. Livre Blanc N 04. <https://hal.inria.fr/hal-03051329v2/document>
- Frailon, Julian, Ainley, John, Schulz, Wolfram, Friedman, Tim & Duckworth, Daniel. (2019). *IEA International Computer and Information Literacy Study 2018. Assessment Framework*. IEA.
- Kapur, Manu. (2011). A further Study of productive failure in mathematical problem solving : *unpacking the design components*. *Instructional Science*, 34(4), 561-579.
- Nardelli, Enrico. (2019). Do we really need computational thinking? *Communications of the ACM*, 62(2), 32-35. <https://doi.org/10.1145/3231587>.
- NASA. (2022). Mars Exploration Rovers. <https://mars.nasa.gov/mer/mission/overview/>
- Schubert, Sigrid & Schwill, Andreas. (2011). *Didaktik der Informatik*. Spektrum Akademischer Verlag.
- Tedre, Matti & Denning, Peter J. (2016). The long quest for computational thinking. *Proceedings of the 16th Koli Calling Conference on Computing Education Research*, 120-129.
- UK Esero. The benefits of bringing Space to the classroom. The Esero UK Secondary Space Conference. [https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2014/11/ESERO_UK_Secondary_Conference_at_Farnborough_with_Tim_Peake/\(lang\)/en](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2014/11/ESERO_UK_Secondary_Conference_at_Farnborough_with_Tim_Peake/(lang)/en)

4.2 Planification de l'unité

01 | Sujet de l'unité dans la structure globale des axes

| Module | Axe Thématique | Focus | Idées interdisciplinaires et lien avec d'autres matières |
|-------------------------------------|--|---|---|
| #Involution | Axe 1 Mon monde numérique et moi ! | <ul style="list-style-type: none"> Jeux et algorithmes Algorithme du plus court chemin | <ul style="list-style-type: none"> Mathématiques Géographie |
| #Climate Killer Internet | Axe 2 Comprendre l'internet : World Wide Web et moi. | <ul style="list-style-type: none"> Internet et le climat Compétences de jugement | <ul style="list-style-type: none"> VIESO Géographie Allemand Français |
| #Data Viz Superpowers | Axe 3 Do you speak Informatique ? | <ul style="list-style-type: none"> Différentes formes de la data visualisation Manipulation de graphiques | <ul style="list-style-type: none"> Éducation artistique Mathématiques |
| #Discover Life on Mars with a Rover | Axe 5 Le robot, partenaire pour le meilleur et le pire ? | <ul style="list-style-type: none"> Programmation en Scratch Educational Robotics | <ul style="list-style-type: none"> VIESO |
| #Pupils vs Machine | Axe 6 Une machine aussi intelligente que moi, ça existe ? | <ul style="list-style-type: none"> Fonctionnement de base d'une intelligence artificielle | <ul style="list-style-type: none"> Mathématiques VIESO |

Comme les modules sont indépendants les uns des autres, il n'est pas nécessaire d'avoir pris connaissance des modules précédents pour traiter celui-ci. Si plusieurs modules sont réalisés, il est recommandé de planifier le module #Involution avant le module #Discover Life on Mars with a Rover.

Ce module a été conçu en collaboration avec Frederic Cornrotte de [ESERO Luxembourg](#). ESERO est le volet éducatif de l'ESA (European Space Agency). Il amène l'espace dans les salles de classe en développant de nouveaux supports pédagogiques interactifs, en organisant des concours et en proposant régulièrement des formations aux enseignants.

02 | Modalités de l'unité

- Public visé : 7e-5e
- Local : possibilité de présentation à l'aide d'un vidéoprojecteur.
- Matériel nécessaire : une zone libre au sol de 6 m² : 3 m x 2 m

Par groupe de 2 élèves :

- Un ordinateur portable ou PC avec Windows ou macOS
- Une connexion internet
- Un port USB disponible
- Le logiciel mBlock installé

Le reste du matériel est fourni par ESERO (prenez contact avec [ESERO](#))

- la carte de Mars
 - le matériel de décoration nécessaire aux défis :
 - 3 photos pour le décor,
 - des fixations pour tenir les photos,
 - une grotte,
 - un tardigrade en peluche,
 - une source de chaleur
 - la peluche Paxi qui est la mascotte d'ESERO
 - des autocollants de Paxi
 - 10 mBot équipés avec tous les capteurs nécessaires, pour une classe de 20 élèves maximum.
- Aucune connaissance préalable en programmation n'est nécessaire.
 - Durée : 100 minutes – 2 heures d'enseignement ou 200 minutes – 4 heures d'enseignement

03 | Contextualisation des Savoirs

En février 2020, le ministère de l'Éducation nationale a présenté la stratégie « einfach digital – Zukunftskompetenze fir staark Kanner », dont l'objectif est de préparer les enfants et les adolescent-e-s aux exigences de l'avenir, de les aider à s'orienter dans un monde de plus en plus marqué par le numérique et de leur permettre d'acquérir les compétences nécessaires à cet effet. La nouvelle matière *Digital Sciences* a été introduite dans le cadre de cette stratégie. *Digital Sciences* s'inscrit dans la continuité de l'enseignement du coding à l'école primaire et se concentrent sur six grands thèmes : les algorithmes, l'Internet, le langage informatique, le jeu, les robots et l'intelligence artificielle (ministère de l'Éducation nationale, 2020).

Le module #Discover Life on Mars with a Rover fait suite à l'accent mis sur le codage et l'inclut dans les thèmes de la *Space Education* et de l'*Educational Robotics*. Cela permet, d'une part, de maintenir les environnements d'apprentissage mis en place dans l'enseignement fondamental grâce au microcontrôleur Kniwwelino®, au robot éducatif Ozobot® ou encore au Lux-Robo Modikit : le robot mBot utilisé dans ce module PITT dispose également des capteurs correspondants et peut être piloté – comme Ozobot® – via un environnement de programmation par blocs, ce qui permet de réactiver et d'adapter les connaissances déjà acquises dans le domaine du codage (ministère de l'Éducation nationale, 2021). D'autre part, la mise en situation et la contextualisation scientifique dans le cadre de l'enseignement

de l'espace permettent une connexion avec le monde réel. Les boucles de retour didactiques favorisent un apprentissage autonome des langages de programmation.

04 | Transposition didactique

a. Objectifs d'apprentissage et compétences visées

Les élèves connaissent les bases du codage par blocs et les ont testées et adaptées en fonction de l'application. Ils ont ainsi développé des stratégies de solution de manière coopérative et y ont réfléchi de manière métacognitive en se documentant en autonomie.

Compétences visées du Guide de référence pour l'éducation aux et par les médias¹

Compétences 1 – Informations et données : 1.2 Analyser et évaluer des données, des informations et des contenus numériques

Compétences 2 – Communication et collaboration : 2.1 Interagir avec autrui

Compétences 3 – Création de contenus : 3.3 Modéliser, structurer et coder

Compétences 5 – Environnement numérique : 5.1 Résoudre des problèmes techniques simples

¹<https://www.edumedia.lu/medienkompass/medienkompass/>

b. Justification didactique

Afin de garantir la poursuite de l'éducation et de la formation au codage entre l'enseignement fondamental et l'enseignement secondaire dans l'esprit des sciences numériques et de la construction des niveaux de compétence explicitée dans le guide de référence pour l'éducation aux et par les médias, ce module prévoit des tâches plus complexes basées sur le codage en bloc. L'objectif est « d'identifier les aspects des problèmes du monde réel qui se prêtent à une modélisation informatique, d'évaluer des solutions algorithmiques à ces problèmes et de les développer soi-même de manière à ce que ces solutions puissent être mises en œuvre par ordinateur » (Boualam et al., 2021). #Discover Life on Mars with a Rover vise ainsi les contenus d'apprentissage de la pensée computationnelle et met à disposition des méthodes et des outils exemplaires pour acquérir les connaissances et les compétences fondamentales et essentielles pour le développement ultérieur des aptitudes informatiques.

c. Réduction didactique

Le présent module favorise et soutient les capacités d'abstraction et de reconnaissance de modèles requises par la modélisation informatique des problèmes du monde réel en intégrant la robotique éducative dans l'environnement d'apprentissage. Outre l'augmentation de la motivation d'apprentissage par des missions ludiques de codage et les métho-

des coopératives de résolution de problèmes, la réactivité et la clarté de la programmation robotique jouent un rôle essentiel :

Numerous studies [...] have shown that poor engagement and retention statistics in courses such as Introduction to Programming [...] often arise from student's inability to see how the skills they learn can have a concrete impact on what they care about: their physical world; their friends and family. Physical robot programming projects can cast coding problems into the real world, making those skills push back on one's world and thereby achieve a level of significance and engagement that, for instance, computation of the Fibonacci Sequence on a computer screen cannot inspire. (Miller & Nourbakhsh, 2016)

Le principe didactique de l'apprentissage constructiviste est ainsi transformé en apprentissage constructionniste, comme Eguchi le souligne à la suite de Papert & Harrel (1991) : « With constructionist learning, the object to think with is built or made, and what is physically constructed can be publicly shared – shown, discussed, examined, and admired » (Eguchi, 2017, 11). La possibilité de vérifier immédiatement, à l'aide d'un robot, la cohérence et le fonctionnement des blocs de code composés de manière autonome à partir d'instructions de programmation discrètes et prédéfinies permet un apprentissage autodirigé, dans lequel les boucles de feed-back se font directement par le biais du matériel d'apprentissage utilisé. La vérification, la discussion et l'adaptation des instructions de programmation en binôme visent à entraîner les capacités métacognitives pour consolider les résultats de l'apprentissage.

05 | Déroulement de l'unité

Le fonctionnement et l'utilisation de l'interface utilisateur de mBlock sont étudiés par les élèves, à la maison, en amont du double cours suivant. Cette approche dite de classe inversée laisse plus de temps pendant la phase de présence pour réaliser les missions individuelles et permet aux élèves d'acquérir des expériences pratiques dans l'utilisation du codage en bloc avant le cours.

Le cours commence par l'entraînement des pilotes en binômes : au début du cours, les élèves sont répartis en groupes de deux par kit mBot préparé. Le rôle du pilote est attribué et expliqué via un tableau blanc et/ou des fiches de travail (sous forme imprimée ou sur tablettes). Les questions peuvent être discutées et les réponses apportées directement en plénière. Dès que tous les élèves ont terminé l'entraînement des pilotes avec succès, l'enseignant-e peut résumer les objectifs d'apprentissage de l'entraînement des pilotes, puis expliquer la mission suivante.

Selon le niveau de connaissances et la dynamique du groupe et le degré de différenciation interne nécessaire, il est possible de réaliser jusqu'à quatre missions par double cours pendant la phase d'élaboration. Il est également possible de remplacer les deux dernières missions par une évaluation au cours de laquelle les élèves écrivent eux-mêmes un programme afin d'atteindre un objectif formulé de manière autonome à l'aide du mBot. Si trois à quatre cours

peuvent être consacrés au module, toutes les missions peuvent être réalisées et se terminer par l'évaluation.

Toutes les missions sont construites selon le même schéma et sont expliquées par des fiches de travail (sous forme imprimée ou sur tablettes). Pour chaque mission, un fichier contenant une partie du code peut être téléchargé. Les élèves ne doivent donc pas programmer intégralement la mission, ce qui permet à celles et ceux ne connaissant pas Scratch de réaliser ce module.

Dès qu'une mission est terminée, la mission suivante peut être distribuée. Il faut particulièrement veiller à ce que les élèves commentent les codes pendant la programmation et l'expérimentation avec le mBot et réfléchissent à leur propre processus de travail.

Demander une intervention en classe :

Vous pouvez également nous [contacter](#) pour que nous intervenions dans votre classe avec ce module.

06 | Possibilités de différenciation

La possibilité d'échelonner individuellement les missions permet de différencier en interne le degré de difficulté et le niveau de performance. Les groupes indiquent eux-mêmes le temps dont ils ont besoin pour terminer la mission. Une fois qu'une mission est terminée, il est possible de travailler sur la mission suivante, qui est plus difficile. Si plus de différenciation est nécessaire, les enseignant-e-s ont la possibilité de laisser les élèves programmer les missions à partir de zéro. Au lieu de télécharger le fichier contenant une partie de la solution, les élèves peuvent juste programmer dans une feuille vide dans mBlock.

07 | Autres critères à remplir dans le cadre de la série des unités

- Contexte luxembourgeois :** le module est le résultat d'une coopération entre ESERO (European Space Education Research Office) Luxembourg et PITT. Les objectifs d'apprentissage et les compétences visés sont tirés du guide de référence pour l'éducation aux et par les médias luxembourgeois et de l'axe thématique 5 de la matière Digital Sciences.
- Différenciation :** l'apprentissage autodirigé ainsi que l'échelonnement des tâches d'élaboration en fonction du degré de difficulté permettent plusieurs niveaux de différenciation.
- Guide de référence pour l'éducation aux et par les médias luxembourgeois :** cf. les objectifs d'apprentissage visés par le cadre d'éducation aux médias dans le cadre de la transposition didactique du présent document.
- Compétences 4C :** Critical Thinking (Pensée critique), Créativité, Coopération, Communication. Le modèle 4C est pris en compte de diverses manières par les différentes formes sociales et activités d'enseignement.

- Lien avec la recherche actuelle :** la conception de rovers capables de naviguer sur la Lune ou sur Mars est un sujet de recherche très actuel pour préparer les prochaines missions sur la Lune et sur Mars.
- Lien avec la recherche actuelle au Luxembourg :** l'industrie spatiale et la recherche dans le domaine spatial sont en développement au Luxembourg. Dans l'[interview avec Miguel Olivares-Mendez](#), nous évoquons, entre autres, le rôle de l'Université du Luxembourg dans la recherche spatiale.

Références :

- Eguchi, Amy. (2017). Bringing Robotics in Classrooms. In: Myint Swe Khine (Ed.), *Robotics in STEM Education: Redesigning the Learning Experience*. Cham: Springer, 3-31.
- Miller, David P. & Nourbakhsh, Iltah. (2016): Robotics for Education. In: Khatib, Oussama & Siciliano, Bruno (Eds.), Springer Handbook of Robotics. Second edition. Berlin/Heidelberg, 2115-2134.
- Ministère de l'Éducation nationale. (2020). Dossier de presse du 06 février 2020: einfach digital – Zukunftskompetenze fir staark Kanner. <https://men.public.lu/content/dam/men/catalogue-publications/dossiers-de-presse/2019-2020/einfach-digital.pdf>
- Ministère de l'Éducation nationale. (2021). EDI. Infomagazin fir Elteren 2, 23-26. <https://men.public.lu/dam-assets/catalogue-publications/edi-infomagazin-fir-elteren/2021/02-2021-edi-infomagazin-elteren.pdf>
- Papert, Seymour., & Harel, Idit. (1991). Constructionism . New York, NY: Ablex Publishing Corporation.

| Sujet de l'unité : Programmation et educational robotics | | | | | |
|--|--|---|--|---|---|
| Objectifs d'apprentissage et compétences à développer au cours de l'unité : Les élèves connaissent les bases de la programmation par blocs et ont testé et adapté ces bases sur des objets réels. Ils ont ainsi développé des stratégies de solution de manière coopérative et y ont réfléchi de manière métacognitive sur la base d'une documentation autonome. | | | | | |
| Possibilité d'évaluation (si planifiée) : Deux possibilités d'évaluation sont proposées en 4.5 Idées d'évaluation. | | | | | |
| Durée | Phases | Focus | Formes Sociales/Méthodes | Matériels et Supports | Processus d'apprentissage |
| 0min | Devoir à domicile | Apprendre le fonctionnement de la programmation par blocs avec mBlock | <ul style="list-style-type: none"> Travail en autonomie | <ul style="list-style-type: none"> Fiches de travail avec mission d'apprentissage actif avec mBlock | Les élèves ... comprennent le concept et le fonctionnement de base de mBlock et l'ont testé sur un exemple concret. |
| 20min | Entrée en matière | Entraînement des pilotes | <ul style="list-style-type: none"> Groupes de deux Cours magistral Exercice sur un cas pratique | <ul style="list-style-type: none"> mBot-Kits (1 Kit par groupe) Ordinateur (1 ordinateur par groupe) Fiches de travail ou tablettes contenant les instructions | Les élèves ... écrivent un premier programme tout simple ... expérimentent avec l'interaction entre leur code et le robot mBot. ... peuvent comprendre et expliquer avec leurs propres mots les effets des différents codes de bloc sur le fonctionnement du mBot. |
| 10min | Transition et instructions | Résumé de l'entraînement des pilotes et instruction des nouvelles missions | <ul style="list-style-type: none"> Cours magistral | <ul style="list-style-type: none"> Tableau blanc ou fiches de travail pour chaque élève | Les élèves ... mettent en relation les résultats des devoirs et de l'entraînement des pilotes avec la mission de la phase d'élaboration suivante. ... problématisent et verbalisent les difficultés de compréhension et les problèmes d'application. |
| 20-30min | Élaboration I | Elaboration de la mission 1 | <ul style="list-style-type: none"> Groupes de deux | <ul style="list-style-type: none"> mBot-Kits (1 Kit par groupe) Ordinateur (1 ordinateur par groupe) Fiches de travail ou tablettes contenant les instructions | Les élèves ... programment un code par blocs pour réussir la mission donnée. ... expérimentent avec le code par blocs programmé sur le mBot et contrôlent et évaluent leur succès ou échec. ... peuvent comprendre et expliquer avec leurs propres mots les effets des différents codes de bloc sur le fonctionnement du mBot. |
| 20-30min | Élaboration II | Elaboration de la mission 2 | <ul style="list-style-type: none"> Groupes de deux | <ul style="list-style-type: none"> mBot-Kits (1 Kit par groupe) Ordinateur (1 ordinateur par groupe) Fiches de travail ou tablettes contenant les instructions | Les élèves ... programment un code par blocs pour réussir la mission donnée. ... expérimentent avec le code par blocs programmé sur le mBot et contrôlent et évaluent leur succès ou échec. ... peuvent comprendre et expliquer avec leurs propres mots les effets des différents codes de bloc sur le fonctionnement du mBot. |
| 20-30min | Analogie : Élaboration III et Élaboration IV Ou : | | | | |
| 10-30min | Évaluation et Fin | Mission pour une auto-évaluation | <ul style="list-style-type: none"> Groupes de deux | <ul style="list-style-type: none"> mBot-Kits (1 Kit par groupe) Ordinateur (1 ordinateur par groupe) Fiches de travail ou tablettes contenant les instructions | Les élèves ... formulent de manière autonome un ordre à exécuter par le mBot. ... programment le mBot en fonction de leur objectif. ... évaluent la cohérence de leur programmation après une expérience réussie. |

4.3 Matériels pédagogiques

M1 | Instructions pour les enseignant-e-s

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. Grâce aux 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.

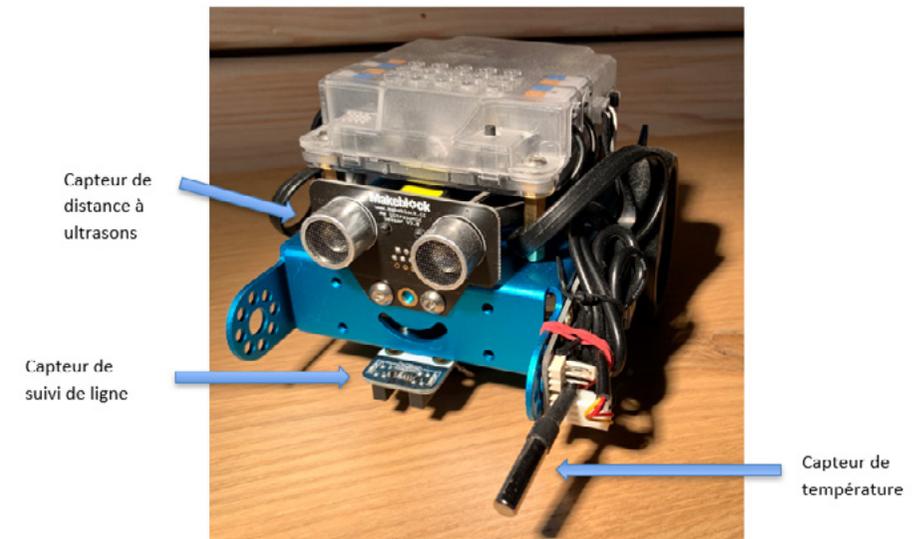
- Il peut émettre des sons grâce à un buzzer.
- Il peut émettre de la lumière grâce à des lampes LED dont la couleur est paramétrable.
- Boutons et capteurs
- Pour interagir avec son environnement et y recueillir des informations, on retrouve sur le robot :

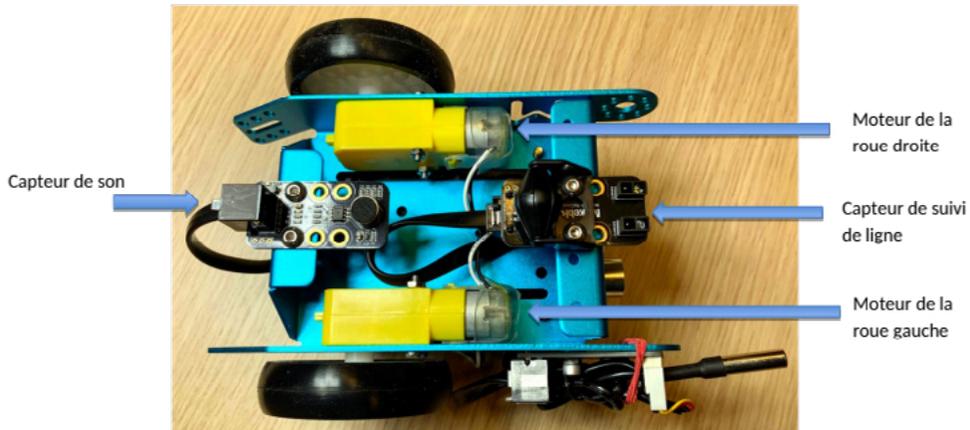
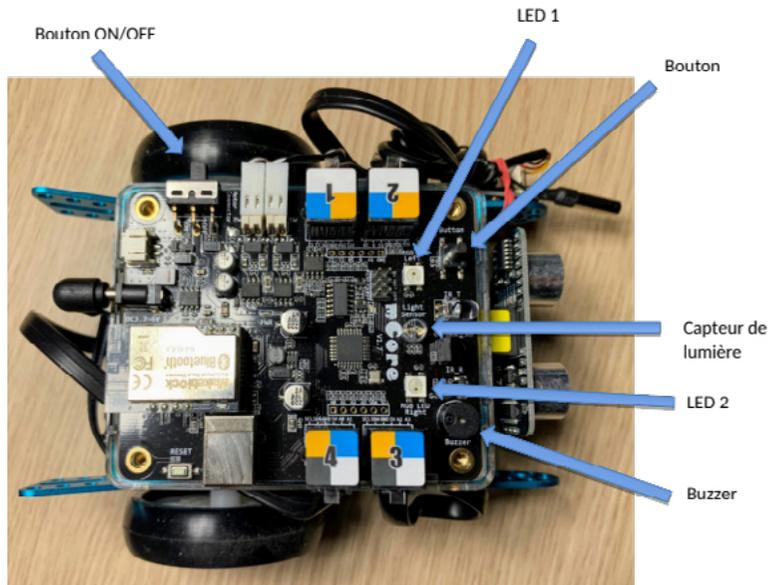
- un bouton de mise sous tension ON/OFF,
- un bouton de lancement de programme,
- un module de suivi de ligne au sol,
- un module à ultrasons qui lui permet de « voir » les obstacles à l'avant et d'en connaître la distance,
- un capteur de luminosité qui le renseigne sur la luminosité ambiante,
- un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



Localiser les boutons et les capteurs :





Le robot mBot est programmé via le logiciel mBlock. Ce logiciel peut être téléchargé en version pc (sur des ordinateurs Windows ou Mac) ou en version app (pour Android ou iOS). Il est également possible d'utiliser la version web du logiciel. Ceci est particulièrement utile pour le devoir à domicile que les élèves doivent faire avant la leçon.

| 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» |  |

Description de l'interface de programmation

The screenshot shows the mBlock 5.3.0 interface with several numbered annotations:

- 4**: Points to the top-left workspace area containing a panda icon.
- 5**: Points to the top toolbar with icons for undo, redo, and other functions.
- 1**: Points to the left sidebar menu with categories like Apparence, Montrer, Action, Détection, Événement, Contrôle, Opérateurs, Variables, and Mes blocs.
- 2**: Points to the block palette containing various code blocks such as "Afficher l'image sur matrice", "Le panneau LED port", "Afficher le texte", "Le panneau de LED port", "Afficher l'heure", and "Eteindre la matrice LED port".
- 3**: Points to the main workspace area where the program is built.
- 6**: Points to the "Téléverser" button in the bottom-left corner.
- 7**: Points to the "Connecter" button in the bottom-left corner.
- 8**: Points to a context menu that appears over a block in the workspace, with options: "Dupliquer", "Ajouter un commentaire", "Supprimer le bloc", "Exporter ce script à l'image", and "Aide".

A large red arrow points from the workspace area (3) towards the text:

Zone dans laquelle vous allez saisir votre programme

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 |

Procédure d'envoi du programme dans le mBot

1. Poser le robot sur un support, branchez-le à l'ordinateur.
2. Vérifiez que le commutateur du robot est bien sur «ON»
3. Assurez-vous que le bouton «Téléverser» est sélectionné. [1]
4. Cliquez sur le bouton «Connecter». [2]



5. Quand la connexion est établie, cliquez sur le bouton «Télécharger» [4]



6. Dans l'écran suivant, cliquez sur «Connecter». [3]



Présentation de la carte de Mars

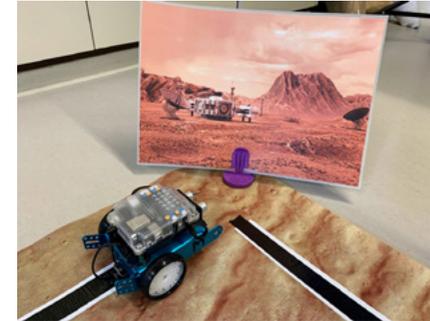


La carte est une vraie image satellite qui a été prise par le satellite [Mars Express](#) de l'ESA en novembre 2018. Elle est divisée en 9 zones qui seront mentionnées lors de la description de chaque mission.



Mise en place

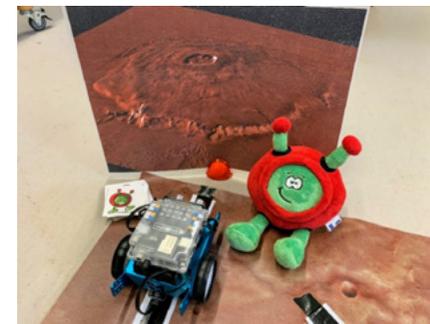
1. Placez la photo de la base martienne au coin de la zone 3



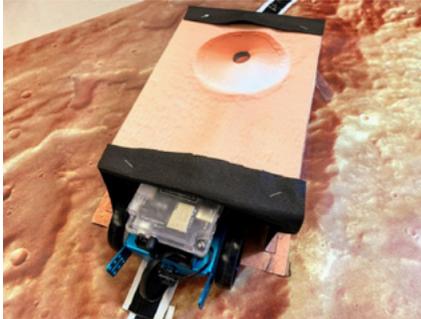
2. Placez la photo du paysage de Mars juste à l'extérieur de la carte, à côté de la zone 6.



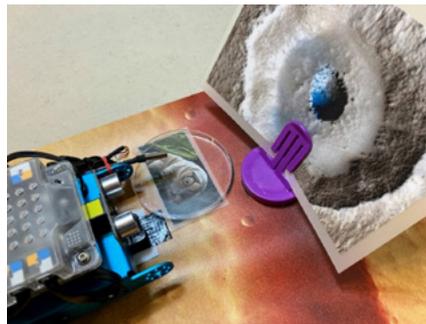
3. Placez l'image du Olympus Mons verticalement au bout de la route, sous la zone 9 de la carte. Placez Paxi (la mascotte de ESERO) et les autocollants de Paxi à côté du mont Olympe.



- Placez la grotte de Mars sur la zone 8, collez-la à la carte avec du ruban adhésif, placez le morceau de route noire traversant la grotte et collez-le également à la carte.



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



Préparation de la leçon

- 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.
- Assurez-vous qu'une batterie lithium ou des piles AA sont chargées sur le mBot
- Connectez le rover à votre PC à l'aide du [câble USB](#)
- Appuyez sur le bouton ON.

Lire son 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. Il-elle-s ne doivent donc rien installer. Demandez aux élèves de réaliser les opérations suivantes :

- Aller dans le menu Tutoriels -> Programmes d'exemples
- Sélectionner la scène -> Happy Panda
- Appuyer sur «OK»

Vérifiez que les élèves ont compris

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

Demandez ensuite aux élèves de changer le message en 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-mêmes.

C'est parti !

La leçon peut commencer. Le jeu de programmation est divisé en 4 missions, précédé 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 la programmation par blocs, les élèves ne doivent pas programmer chaque exercice de zéro. Des fichiers contenant une partie de la solution sont donnés à la fin de chaque mission. Les élèves doivent donc seulement les compléter afin d'obtenir la solution finale. À cette fin, les élèves doivent sauvegarder les fichiers sur leur ordinateur puis les ouvrir, toujours sur leur ordinateur, depuis l'interface mBlock.

Pour les classes d'élèves ayant déjà travaillé sur Scratch ou un autre langage de programmation par blocs, rien ne vous empêche de ne pas utiliser ces fichiers et de laisser les élèves programmer entièrement les missions.

Les missions ont été conçues 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 (missions 3 et 4).

Écrivez votre premier programme : entraînement des pilotes

Pour ce premier exercice, la mission consiste à

- faire rouler le mBot tout droit sur la table,
- 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 :

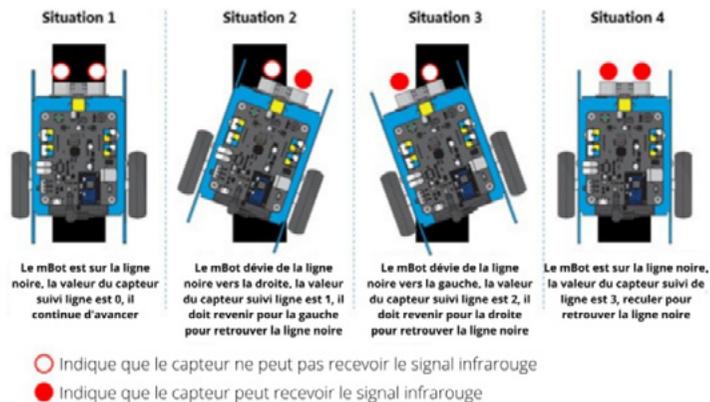
si [afficheur] afficher la valeur du capteur suivi ligne port 2 ▼ = 1 alors

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

| Capteur 1 (Gauche) | Capteur 2 (Droite) | Valeur de retour |
|--------------------|--------------------|------------------|
| | | 0 |
| | | 1 |
| | | 2 |
| | | 3 |

[afficheur] 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 : https://drive.google.com/file/d/19URJN5cLCsLO50_mEGmUU76QlgQyjlw/view

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. En effet, la notion de temps dépend de la puissance du moteur à ce moment-là. De plus, nous avons remarqué que les élèves, tout comme les adultes, sous-estiment la durée 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 définissent pas une durée trop longue (pas plus d'une seconde).

Contrôleur de mission informatique/IT Mission Control : pour que les élèves puissent apprendre de leurs échecs – résultant de jugements et de programmations erronés – il est nécessaire que ces processus d'apprentissage par essais et erreurs soient documentés. Les élèves sont donc chargé-e-s de commenter sur mBlock les codages et les raisons pour lesquelles il-elle-s ont codé de cette manière ou d'une autre. Pour commenter une ligne de code, il faut faire un clic droit sur la ligne de code et cliquer sur « commenter » (voir ci-dessus la description de l'interface de programmation).

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 potentiellement 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 du 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 :

Les élèves doivent

- suivre la ligne noire de la zone 3 à la zone 9.
- s'arrêter devant Olympus Mons grâce au capteur à ultrasons.
- produire un signal lumineux avec les lampes LED du mBot pour prévenir Paxi de leur arrivée
- faire « monter Paxi à bord » en offrant un autocollant de Paxi à l'élève

Programmation :

Les élèves doivent télécharger l'exercice à compléter :
<https://drive.google.com/file/d/19TXcB3dyFwFN0wUumda3ZEWG0WK2OuFK/view>

Contrôleur de mission informatique/IT Mission Control : les élèves sont chargé-e-s de commenter leurs lignes de code sur mBlock.

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 entrer dans la grotte et la scanner.

Mission :

Les élèves doivent

- suivre la ligne noire de la zone 9 à la zone 8
- s'arrêter à l'intérieur de la grotte lorsque le capteur de lumière détecte une baisse de l'intensité lumineuse.

- produire un signal sonore simulant un laser qui scanne l'intérieur de la grotte.

Programmation :

Les élèves doivent télécharger l'exercice à compléter :
https://drive.google.com/file/d/19TTVN_k1Y4e6DVhRrDgSpAw_A_8Hp1Ue/view

Contrôleur de mission informatique/IT Mission Control : les élèves sont chargé-e-s de commenter leurs lignes de code sur mBlock.

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. Les élèves doivent se rendre sur le 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

- entendre le son du crash de la météorite grâce à son capteur de son.
- s'arrêter devant l'impact de la météorite.
- mesurer la température pour détecter une source d'eau chaude supérieure à 30 °C contenant de la vie.
- Diffuser une « chanson de la victoire », composée sur le mBot, lorsque la température est supérieure à 30 °C !

Programmation :

Les élèves doivent télécharger l'exercice à compléter :
<https://drive.google.com/file/d/19Rp5qXX6illeKTe5U5OoUm25J9RfGaWq/view>

Notes importantes :

Préparez la source de chaleur juste avant de commencer cette mission.

Contrôleur de mission informatique/IT Mission Control : les élèves sont chargé-e-s de commenter leurs lignes de code sur mBlock.

M2 | Instructions pour les élèves (devoir à domicile)

Lisez votre premier programme (à faire à la maison)

- Allez dans le menu Tutoriels à Programmes d'exemples
- Sélectionnez la scène à Happy Panda
- Appuyez sur « OK »

Traitez les tâches suivantes :

- Les blocs de couleurs donnent des instructions au panda. Essayez de découvrir ce que vous pouvez faire avec chaque bloc.
- Indiquez quelle action est déclenchée chez le panda par quel bloc de couleur du programme et notez-la sur une liste. Amenez cette liste au prochain cours.
- Essayez de comprendre quelles sont les fonctions du drapeau vert et du carré rouge.
- Changez le message en chinois dans le bloc « say » et notez ce que cela change lors de l'exécution du programme.

M3 | Instructions pour les élèves : les missions

Écrivez votre premier programme : entraînement des pilotes

Voici votre premier exercice :

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

Missions

IT Mission Control : prenez en charge le *IT Mission Control*. Si le rover n'exécute pas l'ordre demandé et provoque par exemple un accident, la mission est un échec. Il est alors important de procéder à une analyse des erreurs afin d'améliorer le code. C'est pourquoi l'*IT Mission Control* commente les codes sur mBlock (clic droit avec le bouton de la souris → commentaire).

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 :

Retournez à la base de la zone 3 en suivant la ligne noire à l'aide du capteur de suivi de ligne.

Aide :

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

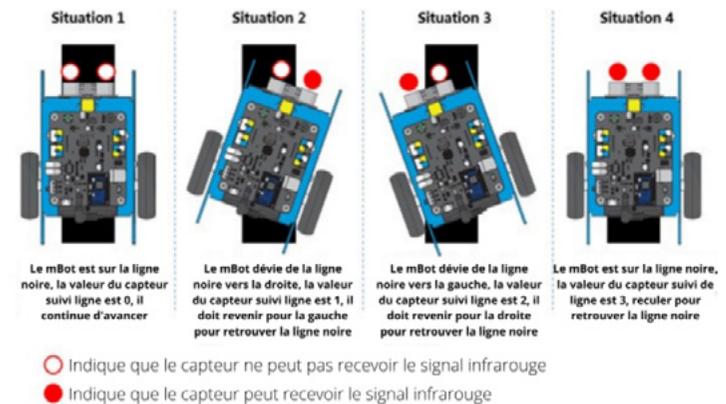
afficher la valeur du capteur suivi ligne port 2 ▼

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

Le deuxième bloc renvoie soit « vrai » soit « faux ».



Programmation :

Télécharger l'exercice à compléter : **Retour à la base**

https://drive.google.com/file/d/19URJN5clCsL050_mEGmUU76QlgQjIw-/view

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 potentiellement 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 de 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 :

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

Programmation :

Télécharger l'exercice à compléter : **Sauvetage paxi sur Olympus Mons**
<https://drive.google.com/file/d/19TXcB3dyFwFN0wUumda3ZEWG0WK20uFK/view>

Mission 3

Contexte :

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

Mission :

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

Programmation :

Télécharger l'exercice à compléter : **Explore une cave Martienne**
https://drive.google.com/file/d/19TTVN_k1Y4e6DVhRrDgSpAw_A_8Hp1Ue/view

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.*
- *Entendez le son du crash de la météorite (simulé par vos mains) grâce au capteur de son du mBot.*
- *Mesurez si la température à l'intérieur de la grotte est positive pour tester le capteur de température.*
- *Arrêtez-vous devant l'impact de la météorite.*
- *Mesurez la température pour détecter une source de chaleur supérieure à 30 °C contenant de la vie.*
- *Si la température est supérieure à 30 °C, diffusez une « chanson de la victoire » que vous avez composée sur le mBot !*

Programmation :

Télécharger l'exercice à compléter : **Trouver la vie sur Mars**
<https://drive.google.com/file/d/19Rp5qXX6illEKTe5U5OoUm25J9RfGaWq/view>

4.4 Idées interdisciplinaires

Vie et Société

Le module peut être combiné avec la matière Vie et Société. La question « Où commence la vie humaine », qui fait partie du thème « L'homme, la nature et la technologie », peut notamment être abordée en parlant de ce qu'est la vie. Nous renvoyons ici au point 4.6 Pour aller plus loin où la question « C'est quoi la vie » est discutée d'un point de vue scientifique et philosophique.

4.5 Idées d'évaluation

Écrire un petit programme du début à la fin

Une fois que les élèves se sont familiarisé-e-s avec le fonctionnement des codes-blocs et leur application ciblée via le mBot, il-elle-s peuvent réaliser une (auto)évaluation, en écrivant eux-elles-mêmes soit un programme qui répond à leur propre objectif, soit un programme pour lequel il-elle-s ont une mission mais pas de modèle de code donné.

Deux tâches différentes sont proposées : l'une impliquant de programmer le mBot, l'autre de programmer sans mBot. La tâche de programmation du mBot est plus complexe tandis que celle de programmation sans mBot est un peu plus aisée.

Une mission pour le mBot

Les élèves sont chargé-e-s de réfléchir eux-mêmes à une mission pour le mBot et de consigner par écrit les différents processus que le robot doit exécuter successivement. Les différentes étapes de travail doivent ensuite être rédigées sur le programme mBlock à l'aide des blocs de code déjà disponibles. Pour résoudre cette tâche, il est utile que les élèves consultent les scripts commentés des premières missions afin de relire le fonctionnement des différents codes.

Il est ensuite possible de découvrir ensemble, en plénière, si le code écrit correspond à l'objectif de la mission que l'on s'est fixée.

Une mission pour Paxi (peut aussi faire office de devoir à domicile)

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 téléchargée.
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.

4.6 Pour aller plus loin

01 | À la découverte de la planète Mars

Les êtres humains entreprennent des missions d'exploration de la planète Mars depuis les années 1960. Lancée le 28 novembre 1964, la sonde Mariner 4 de la NASA a été la première à survoler Mars le 14 juillet 1965. À ce jour, quatre agences spatiales ont achevé 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 l'ESA (European Space Agency).

Pendant les années 1960 et au début des années 1970, plusieurs sondes ont été envoyées pour survoler Mars. La mission la plus réussie est celle de la sonde Mariner 9 de la NASA, lancée fin 1971. Mariner 9 est restée pendant presque une année dans l'orbite de Mars et a pu prendre plus de 7 000 photos de Mars, ce qui a radicalement changé notre perception de cette planète.

C'est finalement en 1975 que la NASA envoie deux paires de sondes orbitales et atterrisseurs. 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 évidente de vie sur Mars.

À la fin des années 1990, une carte complète de Mars, du pôle nord au pôle sud, est établie par Mars Global Surveyor, orbiteur de la NASA. Presque en même temps, la NASA lance le Mars Pathfinder, composé d'un atterrisseur et d'un rover, le fameux Sojourner. C'est le premier rover à avoir fonctionné en dehors de la Terre et de 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, nous vous invitons à consulter cette page explicative de la NASA : https://www.nasa.gov/audience/forstudents/postsecondary/features/F_Spacecraft_Classification.html

L'orbiteur Mars Odyssey, qui est toujours en orbite autour de Mars, a été lancé par la NASA en 2001. En 2003, l'ESA envoie vers Mars une mission composée d'un orbiteur et d'un atterrisseur, appelés Mars Express et Beagle. L'atterrisseur est malheureusement perdu pendant l'atterrissage, mais l'orbiteur est toujours en mission.

En 2004, la NASA envoie deux autres rovers sur Mars : Spirit et Opportunity. Spirit s'est cassé dans une dune de sable en 2010, tandis qu'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 mis en orbite. Depuis, il nous a envoyé plus de données sur Mars que toutes les autres missions réunies. Une année plus tard, la NASA y 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. Il est prévu de ramener ces échantillons sur Terre en 2031, à l'occasion d'une mission conjointe de la NASA et de l'ESA. Les dernières nouvelles de Perseverance sont disponibles à la page suivante : <https://mars.nasa.gov/mars2020/>

Enfin, n'oublions pas la mission ExoMars, une collaboration entre l'ESA et 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. Cette même mission prévoyait également d'envoyer en 2022 un rover baptisé Rosalind Franklin. Pour l'ESA, la recherche et la science sont des aspects centraux de la condition humaine. C'est ce que la parrainage du nom doit rappeler. (ESA, 2019a). Malheureusement, en vue de la situation actuelle, l'ESA a annulé complètement la mission ExoMars (Science.lu, 2022).

D'autres pays développent aussi des missions vers Mars :

- la mission Mars Orbiter Mission de l'Inde, arrivée en orbite en 2016,
- la mission Hope Probe des Émirats arabes unis, 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 l'exploration de Mars est faite uniquement de missions réussies. En réalité, de nombreuses missions ont échoué. Un résumé de toutes les missions est disponible sur (Space.com, n.d.). Ceci illustre bien le fonctionnement de la recherche scientifique : l'histoire ne retient souvent que les réussites alors que 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.

02 | Pourquoi explorer Mars ?

Bien sûr, la quête de l'univers et le défi d'aller plus loin ont 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 s'il y a une vie en dehors de la Terre est une question fondamentale. Mars étant la planète la plus semblable à la nôtre, est un endroit privilégié pour investiguer cette question.

Comprendre la géologie de Mars est important 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. À long terme, ces études aideront à mieux comprendre notre Terre et les autres planètes du système solaire.

Enfin, 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, Joel Levine, scientifique spécialiste des planètes, explique joliment pourquoi les missions sur Mars sont importantes du point de vue scientifique :

Why we need
to go back to Mars



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

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

La question la plus excitante de toutes les missions sur Mars est probablement de découvrir s'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 aujourd'hui une planète sèche, de l'eau a coulé sur Mars par le passé. Et qui dit eau, dit vie, car l'eau est l'élément principal du développement de la vie.

Les premières sondes, Viking 1 et Viking 2, qui se sont posées sur Mars dans les années 1970, n'ont pas trouvé de vie sur Mars. Ce n'est pas une preuve qu'il n'y a pas de vie. Au contraire, les microbes découverts au fond de lacs gelés en Antarctique par la NASA nous donnent l'espoir de trouver de la vie sur Mars, car le climat de l'Antarctique ressemble à celui de Mars aujourd'hui. Sur Terre, des microbes ont été trouvés dans des roches sédimentaires à plus de 1 000 mètres sous terre, mais aussi dans des dépôts de sels et des cheminées d'eau profonde (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. À l'époque, les résultats des quatre expériences semblaient écarter la possibilité de présence de vie. Mais aujourd'hui, presque 40 ans plus tard, les scientifiques peuvent expliquer l'échec des expériences de Viking et la quête de vie martienne reste ouverte.

Aujourd'hui, les scientifiques ont aussi développé des techniques beaucoup plus sophistiquées et discrètes pour détecter la présence de vie, actuelle ou passée. La plus connue est basée sur la détection et le séquençage de l'ADN. Toutefois, cette méthode est encore problématique : même si l'ADN est commun à toute vie terrestre, il n'est pas certain que la vie extraterrestre possède un ADN. Des recherches encore plus minutieuses s'appuient donc sur différents types de protéines et d'acides aminés pour rechercher des formes de vie extraterrestre (McKay & Parro Garcia, 2014).

Le rover Curiosity de la NASA et le futur rover Rosalind Franklin sont équipés d'instruments de mesure permettant de réaliser des expériences basées sur ces nouvelles technologies afin de rechercher des traces de vie passée ou présente. Le choix du lieu d'atterrissage des rovers constitue un aspect stratégique.

Pour finir, la détection de gaz de biosignature dans l'atmosphère des planètes et exoplanètes constitue une autre méthode de recherche de vie. C'est l'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 1938) déjeune avec des collègues à Los Alamos. Ils discutent d'une bande dessinée sur des extraterrestres, parue dans le New Yorker, quand soudainement Fermi dit : « Où sont-ils ? ». Ses collègues comprennent tout de suite que Fermi fait référence au fait que le soleil est une étoile plutôt jeune dans notre galaxie. En conséquence, des civilisations plus avancées que la nôtre auraient dû apparaître dans les systèmes planétaires plus anciens 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 du 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).

04 | Qu'est-ce que la vie ?

Nous avons 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. Cette question n'est que le début d'une question beaucoup plus profonde : qu'est-ce que la vie ? Cette question de nature plutôt philosophique paraît toute simple, mais elle est actuellement très loin d'avoir une réponse claire, même d'un point de vue purement scientifique.

Au 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 limite. Ainsi, certaines choses sont vivantes selon une définition, alors qu'elles ne le sont pas selon une autre définition. Dans la vie de tous les jours, ceci ne pose pas de problème majeur. En revanche, c'est une catastrophe dans le domaine scientifique, 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 très compliqué. C'est ce qu'a essayé de faire le biologiste moléculaire Edward Trifonov en 2011. Il a passé en revue 123 définitions courantes 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 a rapidement été 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 adoptant différentes voix. Un des courants de la philosophie adhère au principe de l'opérationnisme, selon lequel il n'est pas absolument nécessaire de trouver une définition universelle de la vie. Chaque domaine de recherche scientifique travaille avec la définition qui lui convient 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 classifie 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. Prenons 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 différents objets ceux 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 tous 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 tous ces critères. Cette approche pose malheureusement problème aussi. Une des propriétés des choses vivantes était l'ordre (les êtres vivants ont des structures coordonnées et organisées), à l'instar des flocons de neige (qu'on ne peut cependant pas classer dans la catégorie des choses vivantes). 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'organismes a vraiment changé la donne sur ce qui est la vie : les extrémophiles. Ce sont des organismes dont les conditions de vie normale sont mortelles pour la plupart des autres organismes. Le tardigrade en est un exemple bien connu.

Le tardigrade, le plus mignon des extrémophiles

Le tardigrade, aussi appelé ourson d'eau, est un organisme d'un demi-millimètre de long (juste assez pour être vu à l'œil nu) qui vit un peu partout sur la planète. On le trouve dans l'eau salée ou douce, ainsi que dans des endroits terrestres humides, comme dans les mousses des 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 °C et des pressions jusqu'à 6 000 bars. 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 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 l'ESA ont envoyé, en 2007, 3 000 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, aux températures extrêmes et au rayonnement solaire. Auparavant, les scientifiques étaient convaincus que ces conditions étaient incompatibles avec une quelconque vie (ESA, n.d.a).

Nous vous invitons également à consulter l'activité [Les Oursons de l'Espace](#) de ESERO Luxembourg.

Voici le tardigrade,
l'animal le plus résistant sur
Terre - Thomas Boothby



Carole Cleland, philosophe de l'Université du Colorado, propose une approche encore plus radicale. Pendant des années, elle a observé, collaboré et discuté avec de nombreux chercheurs de différents domaines et de différentes institutions (notamment la NASA). Leur point commun : leurs recherches s'intéressaient à la vie. Elle en a tiré une série d'articles scientifiques qui ont été regroupés dans un livre (Cleland, 2019). Sa conclusion : les scientifiques devraient tout simplement arrêter de chercher une définition de la vie, car il s'agirait d'un de ces concepts indéfinissables. 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, 2021) ou (Zimmer 2021a).

05 | 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 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. Ces robots doivent donc être programmés à l'avance et fonctionner ensuite de manière autonome.

Sur Mars, les robots collectent beaucoup d'informations qu'ils doivent envoyer à la Terre. Cela représente un flux de données assez important qui ne peut actuellement pas être traité dans l'espace et doit être envoyé sous forme de données brutes. De plus, les 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. Pourtant, 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 de fonctionner dans l'espace et de traiter les données brutes directement sur place, pour n'envoyer que les données exploitables.

« Bien entendu, nous devons rendre les robots et les superordinateurs sûrs par rapport aux sources d'erreurs naturelles », poursuit le professeur Völp, « mais nous devons 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 d'autres élèves et à d'autres robots d'aider d'autres robots). »

L'ISS accueille d'ores et déjà des astronautes, qui seront bientôt près de la Lune, et un jour sur Mars. Toutefois, nous ne pouvons pas former tous les astronautes à l'informatique : ces superordinateurs doivent donc 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. Il aura 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 plus haut). Le nouveau rover s'appellera Fetch (de l'anglais « to fetch » qui signifie « récupérer »). Il devra 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.

Références :

- Abbott, Jessica K. & Persson, Eric. (2021). The problem of defining life: a case study using family resemblance. [Preprint]
- Alonso, Ricardo. & Szostak, Jack W. (2019). The Origin of Life on Earth. *Scientific American*, September 2019
- Cleland, Carol. (2019). *The Quest for a Universal Theory of Life: Searching for Life As We Don't Know It* (Cambridge Astrobiology). Cambridge: Cambridge University Press.
- 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
- European Space Agency, ESA. (2019). Missions to Mars. https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/05/Missions_to_Mars
- European Space Agency, ESA. (2019a). 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
- 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
- European Space Agency, ESA. [n.d.]. Exploring Mars. https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Exploration/Mars
- European Space Agency, ESA. [n.d.a.]. Exposure to space and Mars. https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Blue_dot/Exposure_to_space_and_Mars
- Gray, Robert H. (2015). The fermi paradox is neither Fermi's nor a paradox. *Astrobiology*, 2015 Mar;15(3):195-9.
- McKay, Christopher P. & Parro García, Victor. (2014). How to Search for Life on Mars. *Scientific American*, June 2014
- Science.lu. (2022). ESA stoppt gemeinsame Mars-Mission mit Russland. <https://science.lu/de/esa-stoppt-gemeinsame-mars-mission-mit-russland>
- Space.com [n.d.]. Mars missions: A brief history. <https://www.space.com/13558-historic-mars-missions.html>
- TED [n.d.]. What's the big deal about Mars. https://www.ted.com/playlists/414/what_s_the_big_deal_about_mars
- Wolchover, Natalie. (2021). The Webb Space Telescope Will Rewrite Cosmic History. If it Works. *Quantamagazine*. <https://www.quantamagazine.org/why-nasas-james-webb-space-telescope-matters-so-much-20211203/>
- Zimmer, Carl. (2021). What is Life? The Vast Diversity defies easy Definition. *Quantamagazine*. <https://www.quantamagazine.org/what-is-life-its-vast-diversity-defies-easy-definition-20210309/>
- Zimmer, Carl. (2021a). Life's Edge. The Search for what it means to be alive. New York, NY : Dutton.

4.7 La parole aux scientifiques : interview avec Dr Miguel Olivares-Mendez

Miguel Olivares-Mendez est professeur adjoint au Interdisciplinary Centre for Security, Reliability and Trust (SnT) à l'Université du Luxembourg. Il dirige le département de Space Robotics.

En 2006, il obtient son diplôme d'ingénieur en informatique à l'Université de Malaga (UMA), en Espagne, puis, en 2009, une maîtrise en robotique et automatisation et, en 2009, un doctorat en robotique et automatisation à la faculté d'ingénierie industrielle de l'Université technique de Madrid (UPM), en Espagne. En 2013, il décroche le prix de la meilleure thèse de doctorat décerné par la European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT). En mai 2013, il rejoint le SnT de l'Université du Luxembourg, en tant que chercheur associé dans le groupe de recherche sur l'automatisation et la robotique. En décembre 2016, il devient chercheur et grand responsable des activités de recherche sur la robotique mobile dans le groupe de recherche Automation & Robotique au SnT-Université du Luxembourg. En 2019, il est nommé professeur de robotique spatiale à l'Université du Luxembourg et en 2020, il fonde le groupe de recherche Space Robotics (SpaceR) au SnT de l'Université du Luxembourg. Actuellement composé de 22 membres, le groupe SpaceR a récolté plus de 3,5 millions d'euros en projets financés et en collaborations industrielles. Au cours de sa première année et demie à la tête du groupe SpaceR, Miguel Olivares-Mendez a imaginé, construit et mis en place deux installations liées à l'espace : le LunaLab et le Zero-G Lab.

Luna Lab



