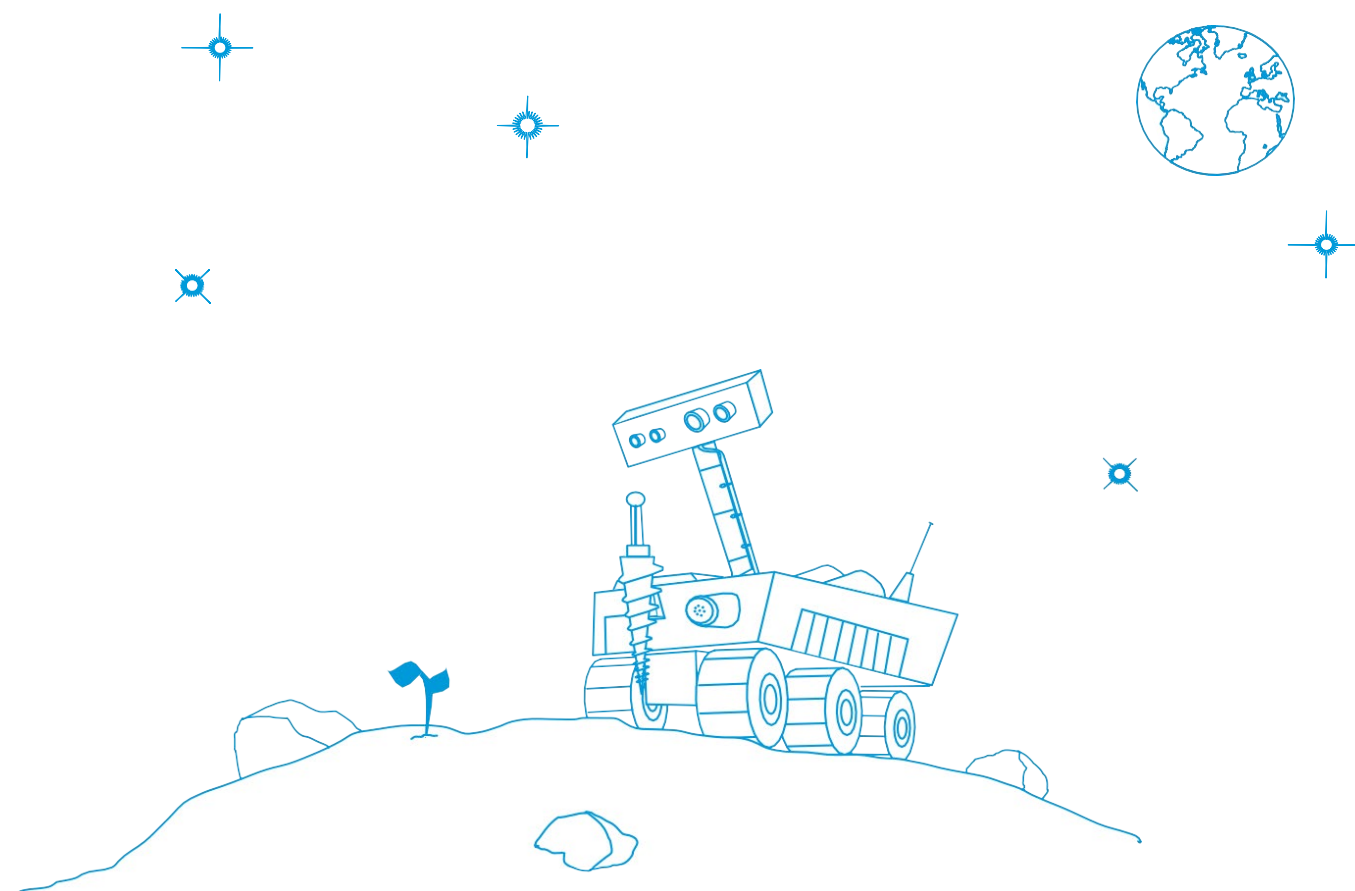
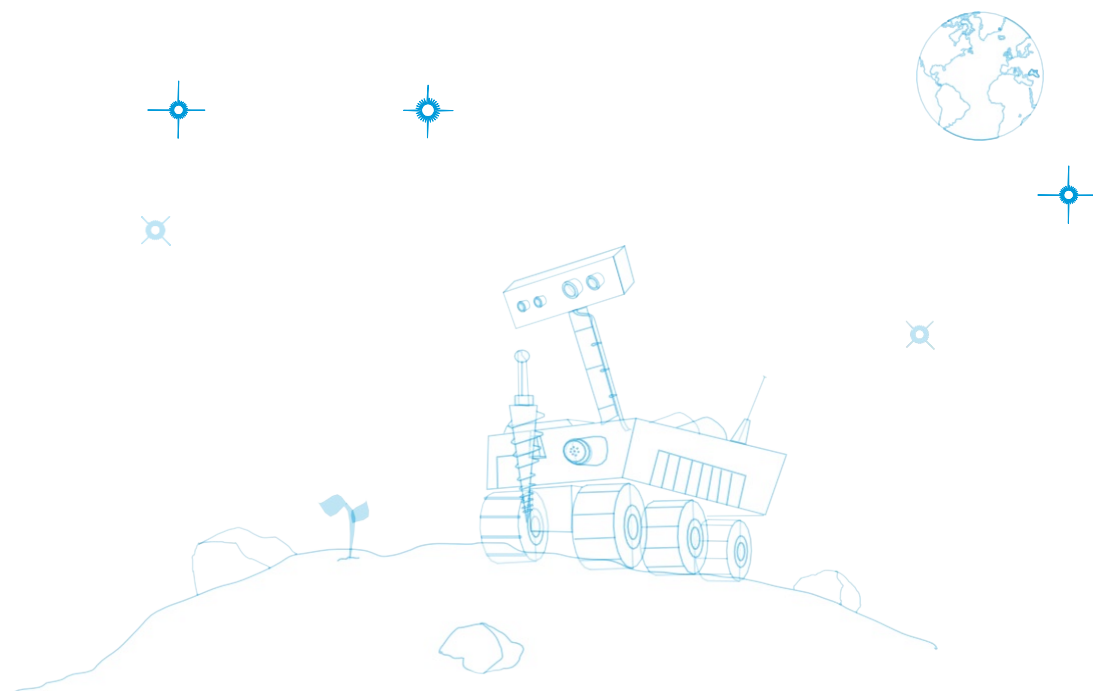


teach with space

→ CONSTRUIRE VOTRE ROVER D'EXPLORATION DE LA PLANÈTE MARS

Construction et programmation d'un rover LEGO pour la
collecte de données scientifiques





Eléments clés	page 3
Résumé des activités	page 4
Activité 1 : Quel est le lien entre la science, l'ingénierie et la programmation ?	pages 5/8
Activité 2 : Comment fonctionne la brique LEGO ?	pages 5/9
Activité 3 : Comment contrôler un robot à distance ?	pages 6/14
Activité 4 : Comment construire un rover et le faire bouger en toute sécurité ?	pages 7/16
Activité 5 : Comment collecter les données d'un rover ?	pages 7/18

teach with space - Construire votre rover d'exploration de la planète Mars | T01
www.esa.int/education
<https://esero.fr>

ESA Education vous remercie d'avance pour vos commentaires
 En Europe à teachers@esa.int
 En France à esero.france@cnes.fr

Une production ESA Education traduite en français par ESERO France
 Copyright © European Space Agency 2019
 Copyright © ESERO France, CNES 2020

→ CONSTRUIRE VOTRE ROVER D'EXPLORATION DE LA PLANÈTE MARS

Construction et programmation d'un rover LEGO pour la collecte de données scientifiques

Éléments clés

Tranche d'âge : de 12 à 16 ans

Type : activité pratique fondée sur la recherche

Complexité : facile, pour débutants

Durée de préparation : 15 minutes

Durée de la leçon : 5 périodes de 45 minutes

Lieu : en intérieur (espace pour tester les robots)

Inclut l'utilisation de : LEGO Mindstorms Education EV3 (un ensemble de base, un ensemble complémentaire et un capteur de température par groupe d'élèves).

Mots clés : Rover, Mars, mission, programme, ingénierie, expérience, données

Résumé

Les élèves vont concevoir et programmer un rover construit en LEGO. Les instructions de base sont d'abord programmées avec la brique intelligente LEGO. Ensuite, pour contrôler le rover LEGO à distance, les élèves le programmeront avec le logiciel LEGO Mindstorms EV3. L'objectif est de mener une expérience spatiale avec une approche scientifique et de recueillir des données. Les mesures seront analysées et modélisées de façon à pouvoir être comparées à l'hypothèse de l'élève.

Les élèves apprendront

- À reconnaître et programmer les instructions de base dans un langage informatique par blocs
- À utiliser un outil robotisé pour explorer du contenu scientifique
- À élaborer des expériences scientifiques et à acquérir des compétences en ingénierie pour contrôler des paramètres individuels d'expérimentation
- À concevoir une structure de rover avec des contraintes mécaniques
- À concevoir et à évaluer un système de roues basé sur des expériences scientifiques
- À collecter des données avec un capteur
- À analyser des données et des processus pour répondre à des questions scientifiques
- À communiquer et à travailler en équipe

Informations supplémentaires

Pour reproduire la surface de Mars dans la salle de classe et pour effectuer les activités incluses dans ces ressources d'une manière plus ludique, vous pouvez fabriquer un « tapis du sol martien ». Pour cela, tout ce dont vous aurez besoin, c'est d'une image haute résolution de la surface de Mars ([à télécharger ici](#)). En ce qui nous concerne, nous avons utilisé un tapis de 4 x 2,5 mètres fait de Frontlit 510 g (matériau utilisé typiquement pour la fabrication de bannières) qui permet d'assurer une traction suffisante pour les rovers.

→ Résumé des activités

Résumé des activités				
	Titre	Description	Résultat	Exigences
1	Quel est le lien entre la science, l'ingénierie et la programmation ?	Identification du rôle des satellites et de la technologie spatiale.	Éclaircir les idées préconçues des élèves sur les satellites et faire découvrir la technologie spatiale.	Aucune
2	Comment fonctionne la brique LEGO ?	Identification des composants de la brique LEGO. Découverte des moteurs et des capteurs.	Comprendre et appliquer le langage de la brique LEGO et coder les instructions de base dans un contexte spatial.	Aucune
3	Comment contrôler un robot à distance ?	Découverte des bases de la programmation avec la brique et le logiciel LEGO.	Élaborer une stratégie visant à déterminer et à programmer les paramètres de l'expérience.	Activité 2
4	Comment construire un rover et le faire bouger en toute sécurité ?	Conception d'un rover en utilisant des compétences techniques.	Identifier un problème technique et proposer une solution en se basant sur un raisonnement technique.	Aucune
5	Comment collecter les données d'un rover ?	Enregistrement des données d'une expérience spécifique.	Recueillir des données selon une approche scientifique, les analyser et les évaluer par rapport à une hypothèse.	Activité 3

→ CONSTRUIRE VOTRE ROVER D'EXPLORATION DE LA PLANÈTE MARS

Construction et programmation d'un rover LEGO pour la collecte de données scientifiques

→ GUIDE DU PROFESSEUR

→ Activité 1 : Quel est le lien entre la science, l'ingénierie et la programmation ?

Cette activité offre aux élèves l'occasion de discuter entre eux des principaux aspects d'une mission scientifique spatiale et d'émettre des hypothèses sur les modèles appropriés pour la mener à bien.

Exercice

Il est intéressant de donner aux élèves les mêmes kits et d'explorer les différentes possibilités en laissant libre cours à leur créativité.

Ici, il n'y a vraiment ni bonne, ni mauvaise réponse. Remettez en question les décisions des élèves et essayez de vous assurer qu'ils comprennent les conséquences des caractéristiques de conception qu'ils ont choisies. Ont-ils pensé à tous les éléments qu'une mission spatiale implique ? Lorsqu'ils rencontrent un problème ou qu'ils réalisent que leur conception n'est pas optimale, encouragez leur capacité d'adaptation et favorisez l'apprentissage expérimental afin qu'ils testent les matériaux dont ils disposent.

→ Activité 2 : Comment fonctionne la brique LEGO ?

Cette activité initie les élèves à la programmation en utilisant le logiciel embarqué sur la brique intelligente LEGO Mindstorms EV3. Il s'agit d'un langage simple de programmation par blocs qui permettra aux élèves d'explorer les principales fonctions des moteurs et des capteurs qui composeront par la suite leur rover.

Exercice

1. Cet exercice est l'occasion pour les élèves de démontrer ce qu'ils connaissent déjà en matière de programmation. Là encore, il n'y a pas vraiment de bonnes ou de mauvaises réponses : essayez d'orienter la discussion si nécessaire, mais sinon, faites place à l'exploration !
2. Pour commencer à réaliser leur premier programme sur la brique LEGO, les élèves doivent suivre les instructions de la fiche d'exercice. Pour accéder au menu des blocs d'instructions, il faut appuyer sur le bouton « haut » lorsque la ligne pointillée centrale apparaît (voir la Figure A6 de la fiche élève). Les boutons haut, bas, gauche et droite peuvent servir ensuite pour naviguer dans le menu.
3. et 4. Il pourrait être utile que les élèves écrivent leur interprétation des instructions, étape par étape, sous la forme d'un diagramme de flux. Cela permettra non seulement d'avoir une image plus claire, mais aussi de faire un diagnostic utile pour déterminer s'ils ont commis une erreur et pourquoi. Le programme qu'il leur a été demandé de créer fera tourner les moteurs pendant 2 secondes.

5. Instruction 1 : Faire pivoter les servomoteurs vers l'avant.

Instruction 2 : Lorsque le capteur tactile est actionné, faire pivoter les servomoteurs vers l'arrière...

Instruction 3 : ... pendant 2 secondes.

L'instruction finale qui a déjà été incluse lors de la création du programme signifie « Répéter ce programme 1 fois ». Ce nombre peut être modifié pour définir le nombre de fois où le robot répète le programme.

6. Les élèves doivent explorer le menu pour trouver le bloc « sound » (son) et changer celui que fait le robot. Encouragez une approche fondée sur la recherche : pour étudier, faire des prédictions, tester et évaluer les actions et les résultats.

→ Activité 3 : Comment contrôler un robot à distance ?

Cette activité donne aux élèves la possibilité de se familiariser avec le logiciel Mindstorms EV3. Ce logiciel offre plus de fonctionnalités que le langage de programmation par blocs embarqué qui a été utilisé dans l'activité 2. Bien qu'il s'agisse également d'un langage de programmation par blocs, celui-ci propose de nombreuses autres possibilités. Les blocs sont regroupés en plusieurs catégories et facilement identifiés par leur couleur.

Exercice

1. Cet exercice offre la possibilité aux élèves d'explorer les différents paramètres de ce qui constitue peut-être le bloc le plus important pouvant être utilisé dans un programme quelconque servant à faire fonctionner un rover. Les élèves doivent comprendre les principes fondamentaux :

- Le premier paramètre détermine la façon dont la rotation des moteurs est régie : marche, arrêt, pendant un intervalle de temps défini, selon une rotation spécifique ou conformément à un degré donné.
- Le deuxième ensemble de paramètres donne la puissance de chaque moteur, de -100 à +100, où 0 correspond à la position arrêt. Au niveau de l'incorporation des moteurs dans un rover, c'est ce paramètre qui détermine la direction.
- Le troisième paramètre correspond à la spécification de la contrainte choisie dans le premier paramètre c.-à-d. secondes, nombre de rotations ou degrés de rotation.

Dans l'exemple, les moteurs ont été réglés à une puissance de 50 et -60 (direction opposée) pendant 3 secondes. Il peut être difficile de déterminer la différence entre une puissance de 50 et de 60 en matière de vitesse de rotation, mais il est important de souligner que cette légère différence serait suffisante pour arrêter un rover voyageant en parfaite ligne droite (si les moteurs tournaient dans la même direction !).

2. Comme pour toute problématique de programmation, il y a plusieurs façons de réaliser cette tâche. La plus évidente consiste à utiliser le bloc « turn tank » (tourner le rover) et de sélectionner un virage à droite, indiqué par la direction de la flèche.

Toutefois, certains élèves peuvent décider d'utiliser le bloc « move tank » (bouger le rover) et de modifier manuellement la puissance de chaque moteur, créant ainsi un virage. Cela est beaucoup plus facile à concevoir si les élèves disposent déjà d'un rover de démonstration afin de modéliser leurs actions.

3. Les instructions données afficheront une image sur l'écran de bord, émettront un son, puis changeront la couleur des LED en jaune.

→ Activité 4 : Comment construire un rover et le faire bouger en toute sécurité ?

Les élèves ont maintenant pour tâche de construire leur propre rover. Avec les kits fournis, les possibilités qui s'offrent à eux sont nombreuses. Il sera donc peut-être nécessaire de structurer leurs idées et de les guider vers une solution appropriée, ou bien, de les laisser explorer !

Exercice

1. Le système de « roue » le plus approprié dépend de la surface qui sera explorée à l'aide du rover LEGO. Dans la plupart des cas, n'importe quel système de roues peut se justifier et convenir. Toutefois, si vous explorez une surface rugueuse ou inégale, les élèves constateront probablement que les « chenilles », comme celles utilisées dans le rover mentionné précédemment, offrent plus de traction et un meilleur mouvement sur la surface. C'est l'occasion de discuter de la friction et de la traction, et de déterminer en quoi ce sont des forces utiles !
2. Cet exercice permet aux élèves d'explorer correctement les conséquences du système de roues qu'ils ont choisi, par le biais d'une méthode scientifique. Si possible, il peut être intéressant de mettre différentes surfaces à disposition des élèves afin qu'ils puissent déterminer comment leur rover gère les différents environnements.

→ Activité 5 : Comment collecter les données d'un rover ?

Cette activité explore la section d'expérimentation du logiciel Education EV3 en utilisant comme contexte une expérience simple, choisie par les élèves. La section d'expérimentation permet de visionner en direct les données collectées par tous les capteurs connectés. Les graphiques peuvent être ensuite analysés.

Exercice

La portée de cet exercice est très large, et les élèves décideront par eux-mêmes du capteur qu'ils utiliseront. Il est important de discuter au préalable avec les élèves des limites de chacun des capteurs (et de leurs différents modes) et de ce qu'ils peuvent raisonnablement en attendre. Certains capteurs offriront naturellement des possibilités d'expérimentation plus intéressantes que d'autres, mais l'objectif principal est de se familiariser avec le logiciel et la façon dont il peut être utilisé pour afficher les données. Comme c'est souvent le cas en science, le résultat en lui-même n'est pas si important, c'est plutôt la façon de comprendre pourquoi il s'est produit qui l'est !

→ Activité 1 : Quel est le lien entre la science, l'ingénierie et la programmation ?

Exercice

Créez votre propre modèle de satellite avec les pièces LEGO qui vous ont été fournies (Figure A1).

1. Décrivez la forme et l'objectif scientifique du modèle de satellite que vous avez créé. Identifiez les liens entre la science, l'ingénierie et la programmation.

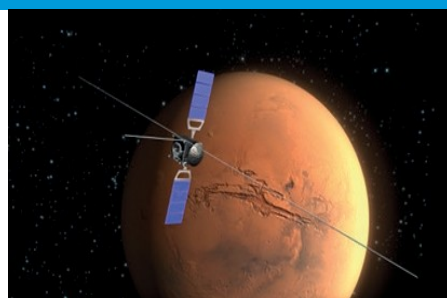


↑ Pièces LEGO

2. Y a-t-il des différences entre votre modèle et celui de vos camarades ?

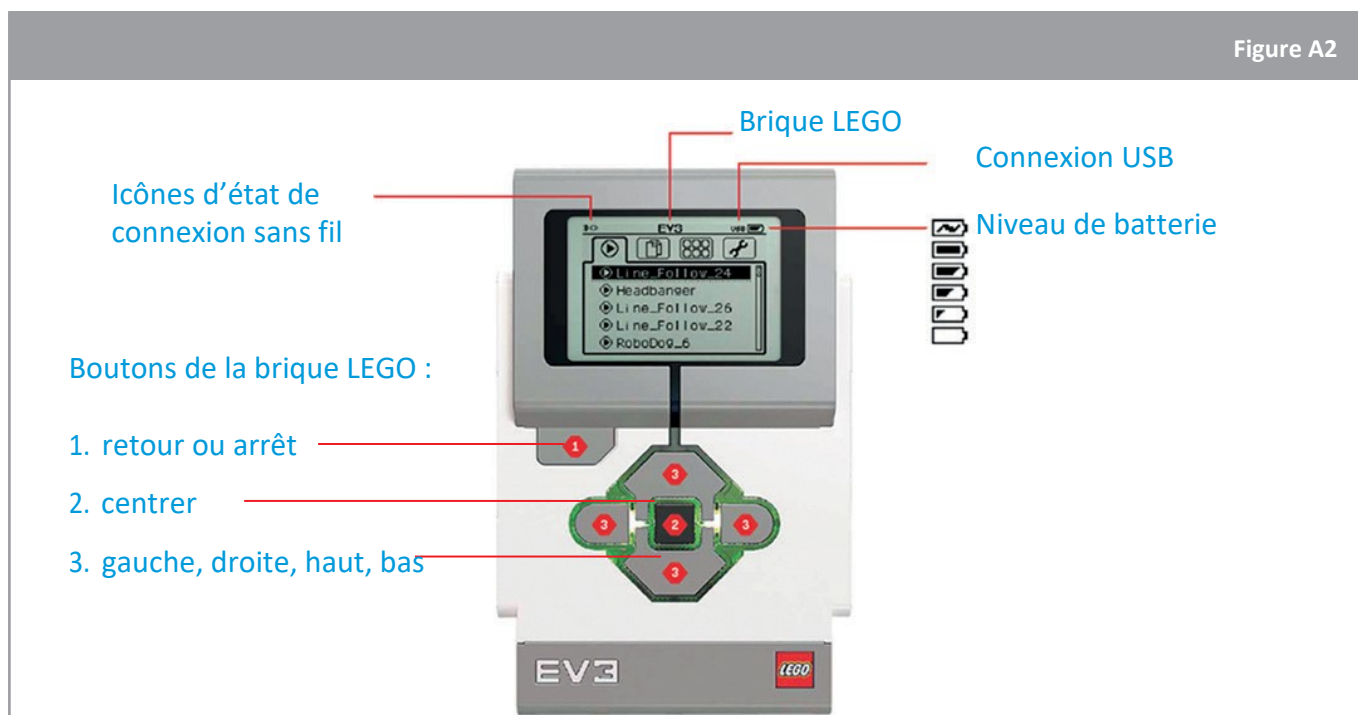
Le saviez-vous ?

Mars a toujours fasciné les hommes. D'ici quelques décennies, nous espérons pouvoir marcher sur la surface de Mars, comme nous l'avons fait sur la Lune. Mais avant d'y arriver, l'ESA, conjointement avec d'autres agences spatiales dans le monde comme le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales), doit collecter plus d'informations sur l'évolution de la planète Mars et son environnement. L'ESA doit aussi construire progressivement les bases technologiques nécessaires aux éléments plus complexes requis par les missions humaines. Cela est possible grâce aux nombreux orbiteurs et atterrisseurs lancés pour explorer Mars, qui font chacun progresser petit à petit notre compréhension. La première mission européenne sur la planète rouge a été Mars Express, lancée en 2003.



→ Activité 2 : Comment fonctionne la brique LEGO ?

Prenez la brique LEGO et allumez-la en appuyant sur le bouton central (Figure A2). Les paramètres généraux affichés sur l'écran de la brique LEGO sont décrits dans l'image.

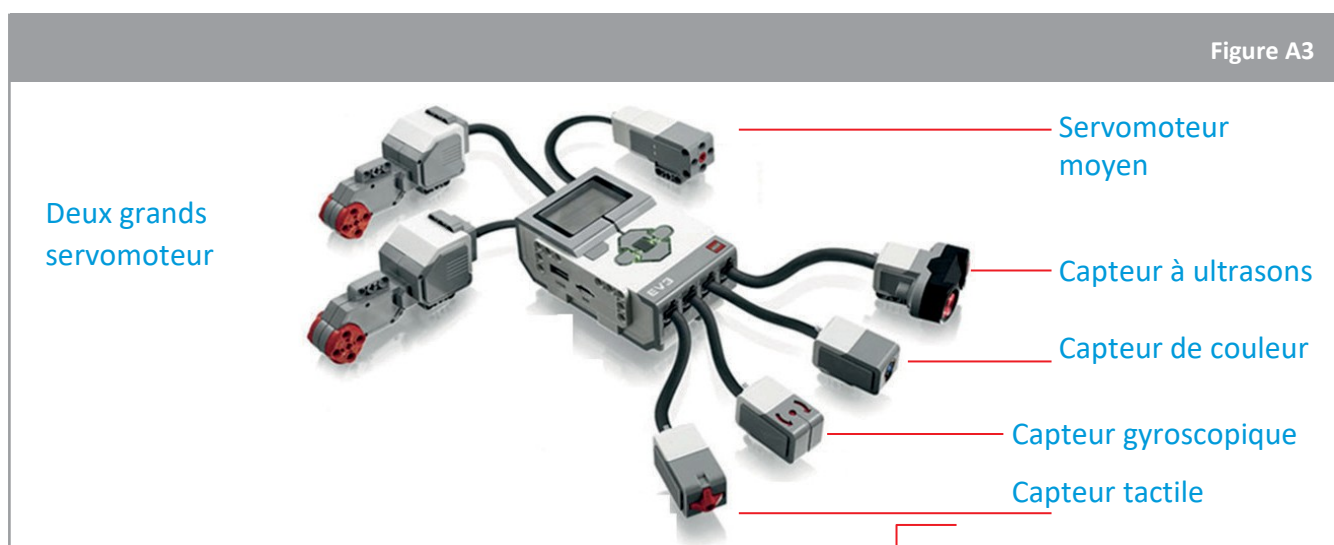


↑ Description de l'écran d'affichage de la brique LEGO

Tournez la brique LEGO sur le côté pour identifier les ports :

- Il y a 4 ports en haut (de A à D) pour connecter **les moteurs du robot**.
- Il y a 4 ports en bas (de 1 à 4) pour connecter **les capteurs du robot**.

Les moteurs et les capteurs de la brique LEGO constituent le cœur de votre robot. Dans la version de base du kit LEGO Mindstorms Education EV3, vous disposez de 3 moteurs et 4 capteurs (Figure A3). Vous avez également la possibilité d'ajouter d'autres capteurs, comme le capteur de température.



↑ Brique LEGO avec moteurs et capteurs connectés

Exercice

1. Avant de travailler avec la brique LEGO, observez la Figure A4 et écrivez ce que le mot « programmation » signifie pour vous :

Figure A4

```
#include <iostream>

using namespace std;

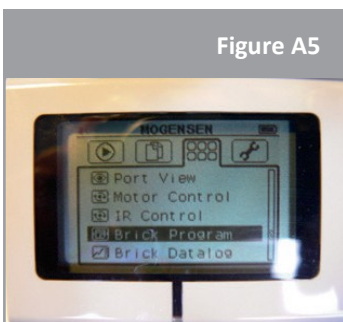
int main()
{
    cout << "Hello world!" << endl;
    return 0;
}
```

↑ Code de programmation C++

Pour donner des instructions à la brique LEGO et lui faire exécuter des actions, il est essentiel de structurer ces actions de manière très logique. Pour cela, la brique LEGO utilise des icônes qui représentent des ensembles basiques d'instructions.

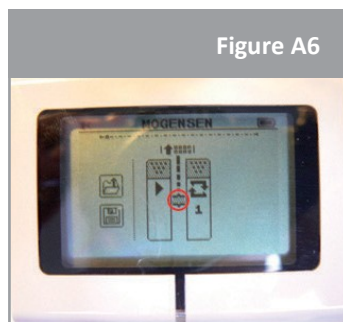
2. Connectez les deux grands servomoteurs aux ports B et C, et connectez le capteur tactile au port 1.

1. Dans la troisième section (Figure A5), sélectionnez l'onglet « Brick program » (Program. brique) pour créer un programme.



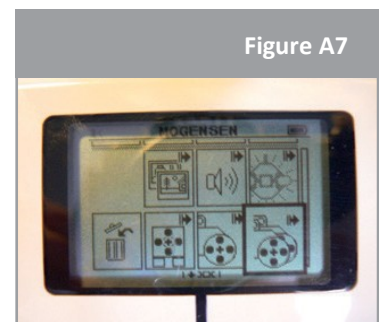
↑ Menu « Brick program » (Program. brique)

2. Sélectionnez la zone (entourée en rouge) située entre les icônes ► et ◀ (Figure A6) pour ajouter les instructions.



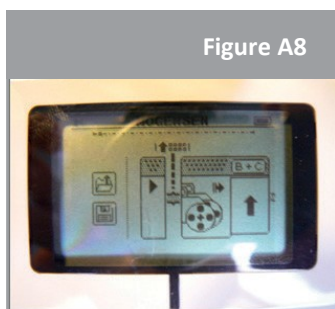
↑ Programme de brique vide

3. Observez les différentes icônes de la Figure A7 et sélectionnez l'icône des grands servomoteurs.



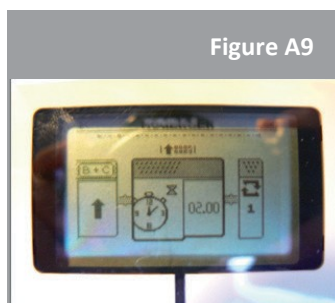
↑ Instructions de brique

4. Les grands servomoteurs ont été ajoutés au programme. Assurez-vous que les moteurs sont correctement branchés aux ports B et C.



↑ Programme de brique avec moteur

5. Définissez une période de temps précise pendant laquelle les moteurs doivent fonctionner en sélectionnant l'icône de l'horloge et en la plaçant à droite de l'icône des moteurs.



↑ Programme de brique avec horloge

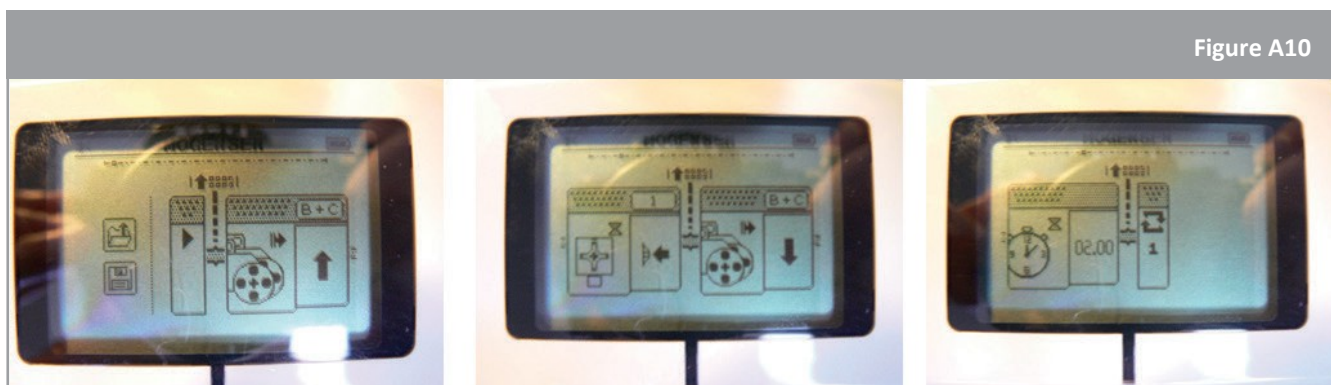
3. Avant de tester le programme, notez vos prédictions concernant ce qui va se passer au moment du démarrage.

Pour démarrer le programme, appuyez sur l'icône ►

4. Décrivez les actions du robot et comparez-les avec vos prédictions.

Exercice

Observez la Figure A10. Dans les cases ci-dessous, décrivez les actions que le robot devrait réaliser, selon vous, lorsque vous exécuterez ce programme.



↑ Programme de brique

Instruction 1

Instruction 2

Instruction 3

Pour vérifier vos prévisions, insérez les mêmes instructions que celles de la Figure A10 dans votre brique LEGO. Si nécessaire, corrigez vos prédictions en utilisant une autre couleur.

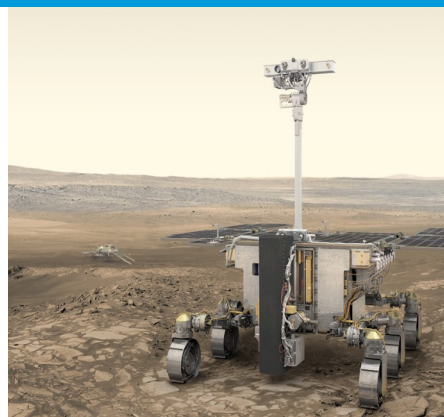
Exercice

1. Définissez un nouvel ensemble d'instructions afin de déplacer les deux grands servomoteurs dans la direction opposée après avoir actionné et relâché le capteur tactile. Dessinez, ci-dessous, les icônes à utiliser dans votre programme.

2. Terminez votre programme en ajoutant une icône qui produira le son du mot « STOP » à la fin de l'action. Expliquez, ci-dessous, votre approche.

Le saviez-vous ?

Mars est une destination potentielle pour l'exploration de l'espace par les humains. Avant que des astronautes puissent y être envoyés, il faudra d'abord éprouver des technologies clés à l'aide de missions robotiques. Une étape importante consistera à organiser une mission capable d'atterrir sur Mars, puis de se déplacer pour recueillir des échantillons pertinents de sol et de roches, avant de finalement les renvoyer sur Terre. Le rover ExoMars, développé par l'ESA, offre d'importantes capacités de mission qui seront nécessaires pour pouvoir renvoyer des échantillons de la planète Mars : mobilité en surface, forage sous la surface pour la collecte d'échantillons, traitement des échantillons, distribution et analyse avec des instruments.



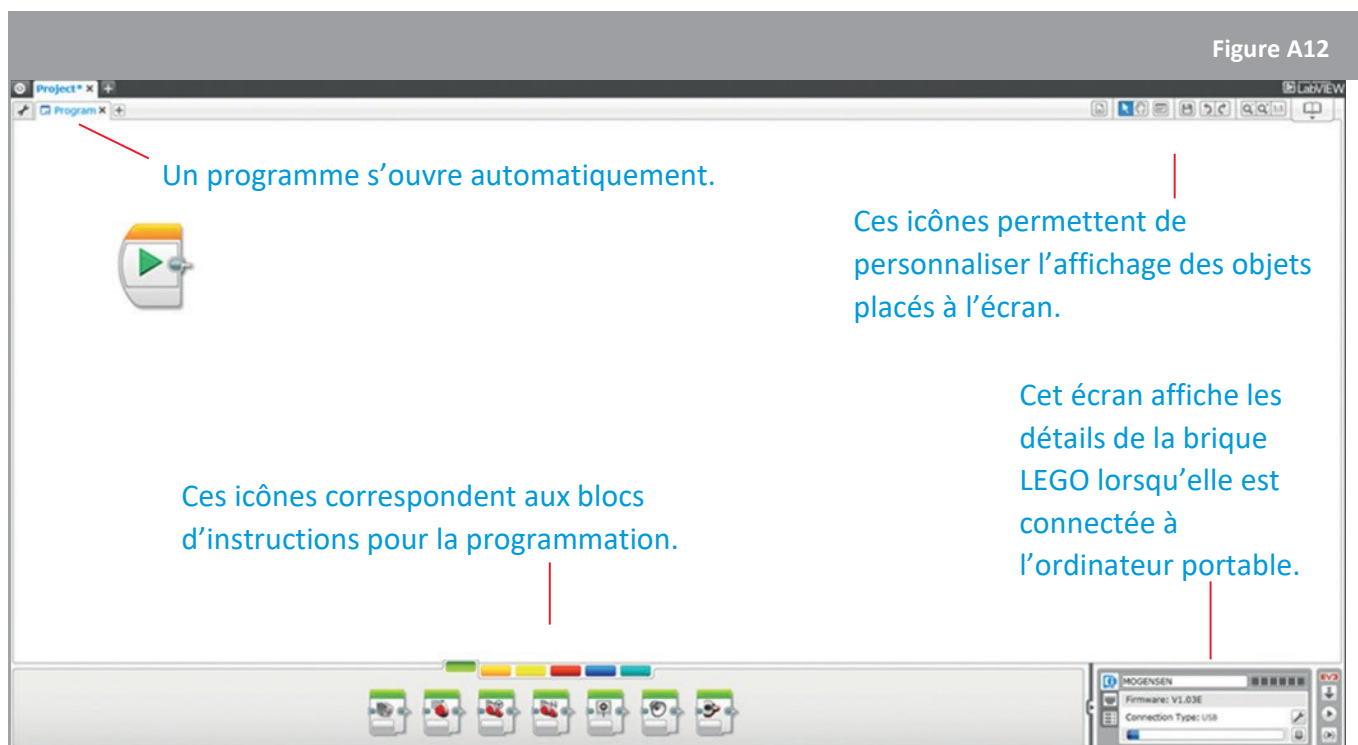
→ Activité 3 : Comment contrôler un robot à distance ?

Le logiciel LEGO Mindstorms contrôle un robot à distance en communiquant avec la brique LEGO. Lancez le logiciel LEGO Mindstorms Education EV3 et cliquez sur le « + » (entouré en rouge dans la Figure A11) situé en haut à gauche de la fenêtre pour ouvrir un nouveau projet.



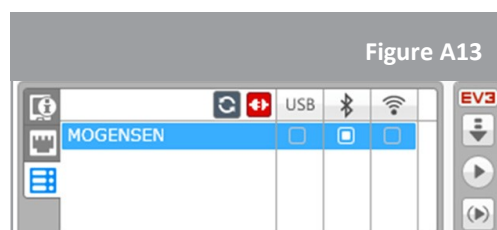
↑ Interface LEGO Mindstorms Education EV3

La fenêtre du projet est décrite à la Figure A12. Elle vous permet d'organiser des blocs d'instructions pour programmer la brique LEGO. Identifiez tous les onglets pour bien comprendre leurs fonctions. Connectez la brique LEGO à votre ordinateur portable à l'aide du câble USB.



↑ Fenêtre du programme LEGO Mindstorms EV3

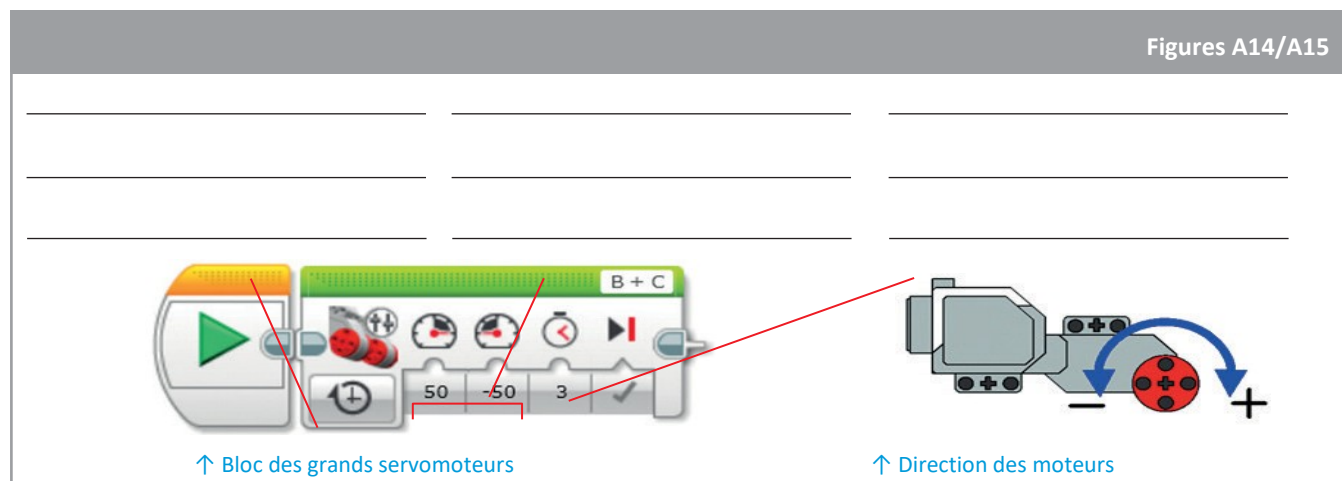
Démarrez la communication sans fil entre le robot et l'ordinateur portable en utilisant le Bluetooth et en déconnectant le câble USB. Le bouton Bluetooth est plein lorsque la connexion est établie (Figure A13).



↑ Boîte de connexion LEGO Mindstorms EV

Exercice

1. Dans la catégorie verte des blocs d'instructions, sélectionnez la quatrième icône, qui fait fonctionner les deux grands servomoteurs. Par un « glisser-déposer », placez-la à côté de l'icône de lecture. Réglez les paramètres du bloc comme indiqué dans les figures A14/A15. Décrivez la fonction de chaque paramètre avant de démarrer le programme.



↑ Bloc des grands servomoteurs

↑ Direction des moteurs

Pour vérifier l'explication de vos paramètres, cliquez sur le bouton de lecture vert ou sur le petit bouton de lecture en bas à droite de votre écran. Pour exécuter le programme sans câble USB, téléchargez-le d'abord sur la brique LEGO, puis retirez le câble USB et démarrez-le en appuyant sur le bouton central de la brique LEGO.

2. Ecrivez un ensemble d'instructions pour faire avancer le robot pendant deux secondes, puis le faire tourner à droite. Complétez la Figure A16 avec le bloc adéquat et remplissez les petites cases avec les paramètres définis.

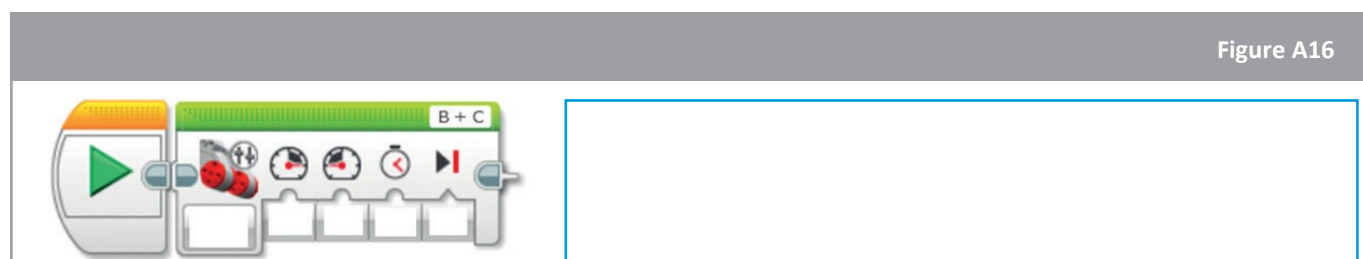


Figure A16

↑ Bloc des grands servomoteurs LEGO à compléter

3. Notez comment vous vous attendez à voir le robot se comporter s'il reçoit les instructions suivantes :

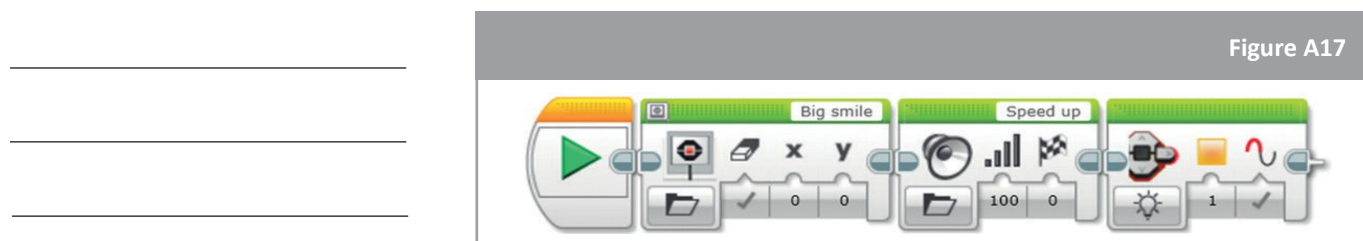


Figure A17

↑ Blocs d'instructions LEGO

Vérifiez vos prédictions en insérant ces instructions sur votre ordinateur portable et en exécutant le programme sur la brique LEGO.

→ Activité 4 : Comment construire un rover et le faire bouger en toute sécurité ?

À l'aide des pièces LEGO, construisez la structure d'un robot qui pourra se déplacer en toute sécurité sur la surface martienne. Vous pouvez suivre les instructions données à l'annexe 1 ou bien vous servir de votre imagination pour créer un rover à votre goût. Observez la Figure A18. Décidez comment construire le système de roues nécessaire pour que le rover puisse se déplacer en toute sécurité. Pour vous aider, identifiez toutes les contraintes et limitations concernant le sol martien.

Figure A18

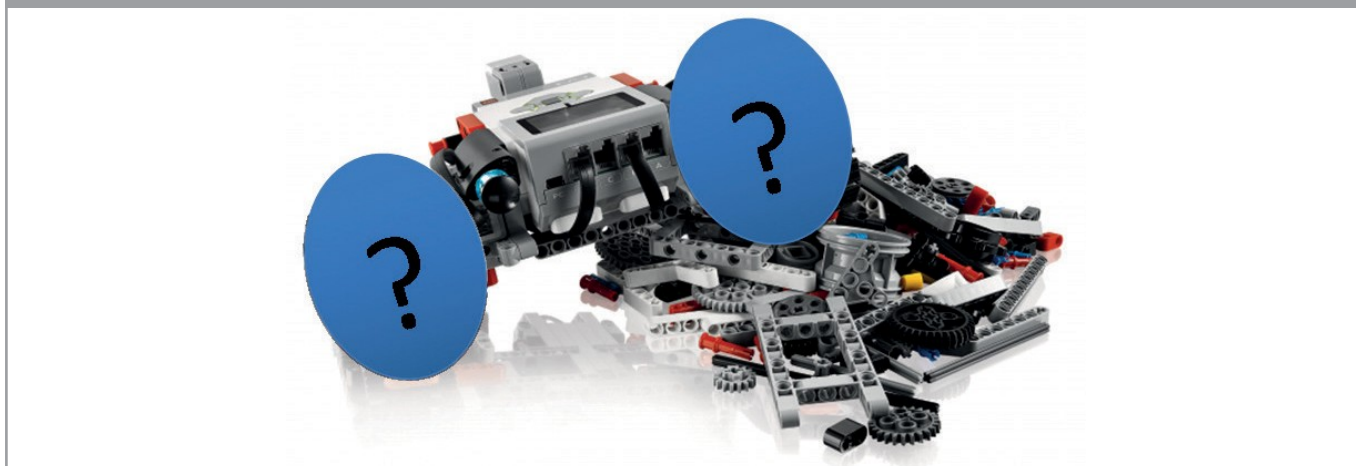


↑ Systèmes de roues LEGO

Exercice

1. Justifiez le choix de votre système de roues ci-dessous :

Figure A19



↑ Systèmes de roues LEGO à définir

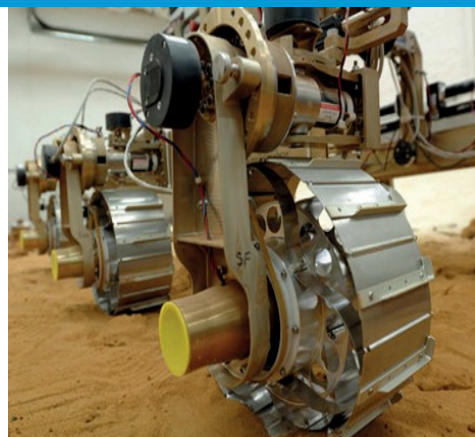
2. Pensez à la façon dont votre rover se comportera sur Mars avec le système de roues que vous avez choisi. Comment réagira-t-il à des paramètres différents (par exemple, l'inclinaison ou les irrégularités de la surface) ? Considérez l'impact des contraintes des roues sur le mouvement du rover. Placez votre rover dans différentes situations pour tester ses performances, et inscrivez vos résultats dans le tableau A1.

Paramètres	Observations	Explications

Tableau A1 : Caractéristiques techniques du rover.

Le saviez-vous ?

La locomotion du rover ExoMars de l'ESA est assurée par six roues. Chaque paire de roues est suspendue à un bogie à pivot indépendant (le cadre qui supporte les roues motrices), et chaque roue peut être dirigée et entraînée indépendamment. Toutes les roues peuvent être pivotées individuellement pour ajuster la hauteur et l'angle du rover par rapport à la surface locale, et pour créer une sorte de capacité de marche, particulièrement utile sur les sols mous et peu adhérents (comme les dunes, par exemple).



→ Activité 5 : Comment collecter les données d'un rover ?

Étant donné que la robotique contribue aux expériences scientifiques, il est nécessaire d'ajouter un capteur qui collectera les données du robot.

Sélectionnez un capteur parmi la liste suivante et connectez-le au port 1 de la brique LEGO : capteur tactile, capteur gyroscopique, capteur à ultrasons, capteur de couleur ou capteur de température

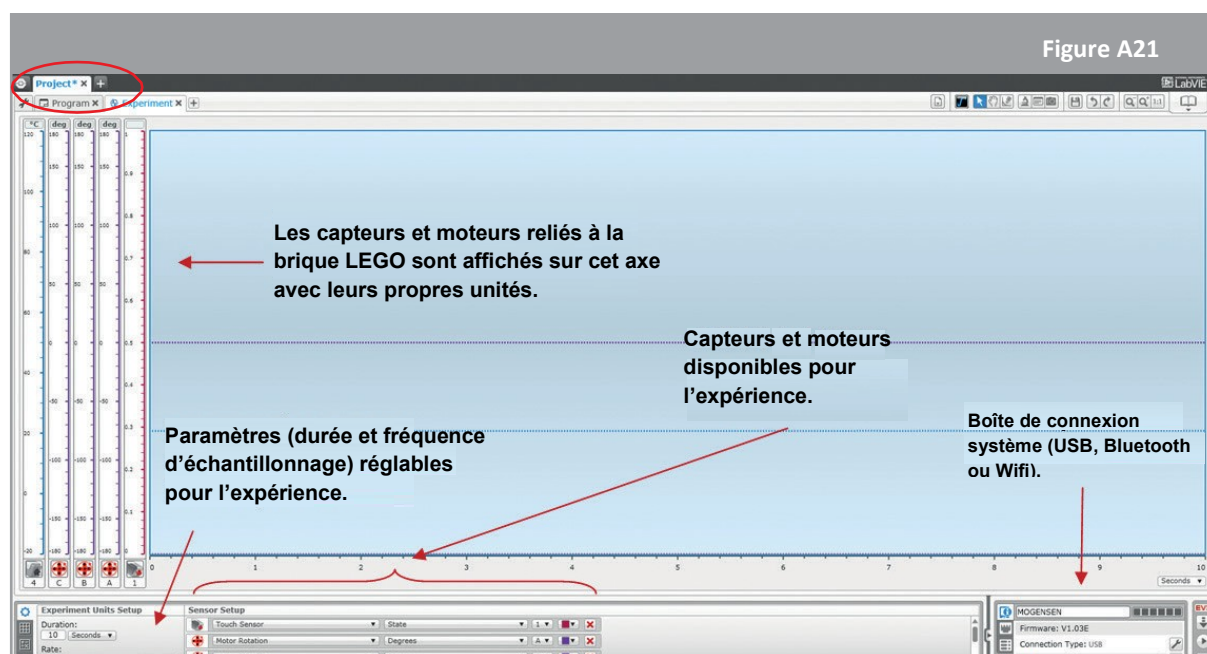
Capteur sélectionné : _____

Lancez le logiciel LEGO Mindstorms Education EV3 (Figure A11) et démarrez une nouvelle expérience en cliquant sur le « + » en haut à gauche, entouré en rouge dans la Figure A21. La fenêtre de l'expérience est décrite à la Figure A21. Elle vous permet de collecter les mesures des capteurs pendant une longue période de temps. Identifiez tous les onglets pour bien comprendre leurs fonctions.



Figure A20

↑ Capteur à ultrasons connecté à la brique LEGO



↑ Fenêtre de l'expérience sur LEGO Mindstorm EV3

Démarrez la communication sans fil entre le robot et l'ordinateur portable en utilisant le Bluetooth et en déconnectant le câble USB. Le bouton Bluetooth dans la Figure A22 est plein lorsque la connexion est établie.

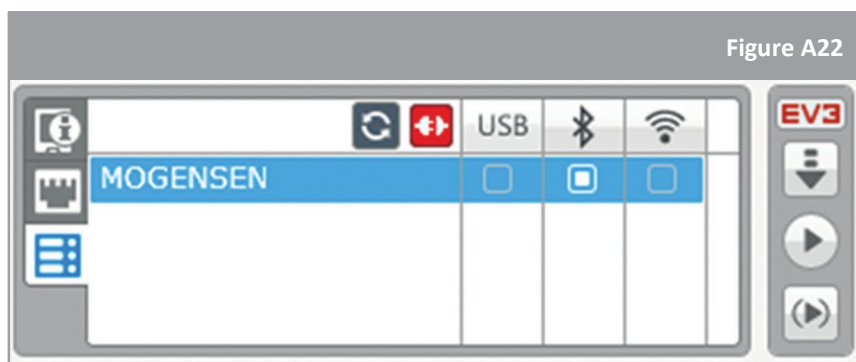


Figure A22



↑ Boîte de connexion LEGO Mindstorms EV3

Exercice

Imaginez un contexte pour effectuer une expérience avec le capteur sélectionné. Dans le tableau A2, définissez et commentez les paramètres de l'expérience (par exemple l'échelle, la fréquence d'échantillonnage, la durée...).

Contexte	
Paramètre 1 :	
Paramètre 2 :	

Tableau A2 : Paramètres d'expérience

Cette icône  affichée en haut à droite de l'écran vous permet de dessiner la prédiction de l'expérience. Utilisez cet outil pour dessiner votre courbe de prédiction avant de démarrer le programme à l'aide de l'icône  affichée en bas à droite de l'écran. Les mesures seront tracées à l'écran en temps réel pendant l'intervalle de temps sélectionné. Complétez le graphique avec les données collectées (désignez les axes et précisez les unités) et analysez les différences entre vos prédictions ci-dessous.

