

Laurens Valk

Le grand livre de **LEGO MINDSTORMS**

EV3



Apprenez à programmer
en vous amusant de 9 à 99 ans



EYROLLES

Le grand livre de **LEGO MINDSTORMS**

EV3

En permettant à quiconque de construire de vrais robots opérationnels, LEGO MINDSTORMS a changé notre façon de voir la robotique. La dernière version de l'ensemble MINDSTORMS, la version EV3, est plus puissante que jamais, et un guide complet aidera les débutants à se lancer.

Vous commencerez par les bases, en construisant et en programmant un robot simple qui met en œuvre les moteurs, les capteurs et les blocs de programmation EV3. Vous passerez ensuite à des robots de plus en plus sophistiqués, qui illustreront l'emploi de techniques de programmation élaborées, comme les fils de données, les variables et les blocs de programmation personnalisés. Vous découvrirez également des techniques de construction fondamentales, comme l'utilisation efficace des poutres, des roues dentées et des connecteurs dans vos propres modèles.

Tout au long de ce livre, plus de 150 exercices de construction et de programmation vous encouragent à exprimer votre créativité et à mettre en pratique les connaissances acquises au service de vos réalisations. Avec ce guide, vous serez capable de concevoir vos créatures extraterrestres en un rien de temps !

À QUI S'ADRESSE CET OUVRAGE ?

Aux collégiens, lycéens, parents, enseignants et associations.

SUR www.editions-eyrolles.com/go/lego

Télécharge le code source des exemples et les solutions des exercices du livre.

Apprenez à maîtriser les différentes possibilités de l'ensemble EV3 en construisant et en programmant plusieurs robots.

- **EXPLOR3R**, un véhicule roulant qui utilise des capteurs pour suivre des lignes et se déplacer dans une pièce.
- **FORMULA EV3**, une voiture de course télécommandée.
- **ANTY**, une créature à six pattes capable de marcher et d'adapter son comportement à son environnement.
- **SK3TCHBOT**, un robot qui permet de jouer sur l'écran de l'EV3.
- **SNATCH3R**, un bras robotique qui peut, de façon autonome, rechercher, saisir, soulever et déplacer la balise infrarouge.
- **LAVA R3X**, un robot humanoïde qui marche et qui parle.

À PROPOS DE L'AUTEUR

Laurens Valk est membre de MINDSTORMS Community Partners, un groupe sélectif de passionnés qui participent au test et au développement de nouveaux produits MINDSTORMS. Parmi tous les robots qu'il a conçus, l'un d'eux est proposé en bonus dans l'ensemble EV3. Son blog sur les robots est accessible à l'adresse <http://robotsquare.com/>



Produit requis : un ensemble LEGO
MINDSTORMS EV3 (référence #31313)

www.editions-eyrolles.com

Le grand livre de
LEGO MINDSTORMS
EV3

Laurens Valk

Le grand livre de
LEGO MINDSTORMS

EV3



EYROLLES

Traduction autorisée de l'ouvrage en langue anglaise intitulé
LEGO MINDSTORMS EV3 Discovery Book
de Laurens Valk (ISBN : 9781593275327),
publié par No Starch Press.

All Rights Reserved.

Aux termes du Code de la propriété intellectuelle, toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle de la présente publication, faite par quelque procédé que ce soit (reprographie, microfilmage, scannérisation, numérisation...) sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. L'autorisation d'effectuer des reproductions par reprographie doit être obtenue auprès du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) - 20, rue des Grands-Augustins - 75006 Paris.

© 2014 by Laurens Valk / No Starch Press pour l'édition en langue anglaise
© Groupe Eyrolles, 2017, pour la présente édition, ISBN : 978-2-212-11864-3
© Traduction française : Hervé Soulard



À propos de l'auteur

Laurens Valk est ingénieur en robotique. Il est titulaire d'un baccalauréat en ingénierie mécanique de l'université technologique de Delft aux Pays-Bas, où il réside. Laurens est membre de MINDSTORMS Community Partners (MCP), un groupe sélectif de passionnés qui participent au test et au développement de nouveaux produits MINDSTORMS. Il a commencé à construire des robots avec le système EV3 une année avant sa sortie en 2013. L'un de ses modèles est proposé en bonus dans l'ensemble EV3.

Laurens aime concevoir des robots et créer des didacticiels pour les construire et les programmer. Les fans de robots du monde entier peuvent ainsi reproduire ses modèles et développer leurs connaissances en robotique. Il a travaillé sur plusieurs ouvrages de robotique, notamment la première édition de celui-ci, *LEGO MINDSTORMS NXT 2.0 Discovery Book* (No Starch Press, 2010), qui a connu un grand succès. Son blog sur les robots est accessible à l'adresse <http://robotsquare.com/>.

À propos du relecteur technique

Claude Baumann a enseigné la robotique avec LEGO MINDSTORMS en cours périscolaires pendant plus de 15 ans. Il a créé ULTIMATE ROBOLAB, un environnement de compilation croisée qui permettait une programmation graphique du firmware LEGO RCX. Il l'a utilisé pour concevoir le seul programme au monde pour LEGO RCX capable de s'autoreproduire (parfois appelé « virus »). Plus récemment, en tant que membre de MINDSTORMS Community Partner (MCP), il a participé au développement de la nouvelle brique intelligente EV3. Il a été évaluateur de projets robotiques dans plusieurs écoles secondaires. Il est l'auteur de *Eureka! Problem Solving with LEGO Robotics* (NTS Press, 2013) et de plusieurs articles, et il a donné de nombreuses conférences. Il s'intéresse particulièrement à la localisation sonore en robotique. Coordinateur d'un réseau d'internats scolaires au Luxembourg, Claude est marié. Il est père de trois enfants et a trois merveilleux petits-enfants.

Table des matières

Avant-propos	XXI
Objectifs du livre.....	XXI
Public visé.....	XXI
Organisation de l'ouvrage	XXI
Exercices	XXI
Contenu des chapitres.....	XXII
Site web compagnon	XXIII
À vous de jouer !.....	XXIII

PARTIE I PREMIERS PAS

1

Préparer l'ensemble EV3.....	3
Contenu de la boîte.....	3
La brique EV3.....	3
Trier les pièces Technic	5
Le tapis de mission.....	5
Contrôler le robot.....	6
Télécharger et installer le logiciel de programmation EV3.....	6
Conclusion	7

2

Construire son premier robot.....	9
Suivre les instructions de montage.....	9
Assembler EXPLOR3R	10
Ports d'entrée, ports de sortie et câbles	20
Naviguer dans l'interface de l'EV3	20
Allumer et éteindre l'EV3.....	21
Sélectionner et exécuter des programmes	22
Piloter le robot avec la télécommande	22
Conclusion	23

3

Créer et modifier des programmes	25
Un premier petit programme.....	25
Créer un programme élémentaire.....	27
Les palettes de programmation (1).....	27
Le bloc Démarrer (2).....	27
La trame de programmation (3).....	27
La page du matériel (4).....	28

Projets et programmes.....	29
L'organisation des fichiers (5).....	29
La barre d'outils (6).....	30
L'éditeur de contenu (7).....	32
Construire les robots EV3 officiels et les modèles complémentaires.....	33
Conclusion.....	33

4

Utiliser les blocs de programmation : les blocs d'action	35
Le fonctionnement des blocs de programmation.....	35
Le bloc Déplacement et direction.....	35
Le bloc Déplacement et direction en action.....	35
Comprendre les modes et les paramètres.....	37
Effectuer des virages précis.....	39
<i>Exercice 1 : accélération !</i>	39
<i>Exercice 2 : virages précis !</i>	39
<i>Exercice 3 : déplacement du robot !</i>	39
<i>Exercice 4 : un robot écrivain !</i>	40
Le bloc Son.....	40
Les paramètres du bloc Son.....	40
Le bloc Son en action.....	41
<i>Exercice 5 : quelle direction avez-vous dit ?</i>	41
<i>Exercice 6 : soyez le DJ !</i>	42
Le bloc Affichage.....	42
Les paramètres du bloc Affichage.....	42
Le bloc Affichage en action.....	43
<i>Exercice 7 : des sous-titres !</i>	44
<i>Exercice 8 : un grand huit pour EXPLOR3R !</i>	44
Le bloc Témoin d'état de la brique.....	44
<i>Exercice 9 : des feux tricolores !</i>	45
Les modes Activé et Désactivé dans les blocs de déplacement.....	45
<i>Exercice 10 : un autoradio !</i>	46
Les blocs Déplacement char, Gros moteur et Moteur moyen.....	46
Aller plus loin.....	46
<i>Exercice 11 : en cercle !</i>	47
<i>Exercice 12 : navigation !</i>	47
<i>Exercice 13 : un robot danseur !</i>	48
<i>Exercice de conception 1 : un robot nettoyeur !</i>	48
<i>Exercice de conception 2 : de l'art avec votre EXPLOR3R !</i>	48

5

Attendre, répéter, mes blocs et multitâche.....	49
Le bloc Attendre.....	49
Les paramètres du bloc Attendre.....	49
Le bloc Attendre en action.....	49
Le fonctionnement du programme WaitDisplay.....	50
<i>Exercice 14 : laisser un message !</i>	50
<i>Exercice 15 : un chronomètre pour jeux !</i>	50

Le bloc Boucle	50
Utiliser le bloc Boucle	50
Le bloc Boucle en action.....	51
Imbriquer des blocs Boucle.....	51
<i>Exercice 16 : un gardien de la pièce !</i>	52
<i>Exercice 17 : un triangle !</i>	53
Construire ses propres blocs.....	53
Créer un bloc Mon bloc	53
Utiliser des blocs Mon bloc dans des programmes	53
Modifier des blocs Mon bloc	53
Gérer les blocs Mon bloc dans les projets.....	53
<i>Exercice 18 : mon carré !</i>	56
<i>Exercice 19 : mon morceau de musique !</i>	56
Le multitâche.....	56
Utiliser plusieurs blocs Démarrer	56
Diviser un fil de séquence	56
Éviter les conflits de ressources.....	57
Aller plus loin.....	57
<i>Exercice 20 : oui au multitâche !</i>	57
<i>Exercice 21 : oui au monotâche !</i>	57
<i>Exercice 22 : des figures complexes !</i>	58
<i>Exercice de conception 3 : M. EXPLOR3R !</i>	58

PARTIE II DES ROBOTS ÉQUIPÉS DE CAPTEURS

6	
Maîtriser les capteurs.....	61
À propos des capteurs.....	62
Les capteurs de l'ensemble EV3	62
Le capteur tactile.....	62
Monter le pare-chocs avec le capteur tactile.....	62
Consulter les valeurs du capteur.....	66
Utiliser les capteurs dans des programmes.....	66
Le bloc Attendre avec les capteurs.....	66
<i>Exercice 23 : bonjour et au revoir !</i>	67
<i>Exercice 24 : éviter les obstacles avec mauvaise humeur !</i>	67
<i>Exercice 25 : marche arrière facile !</i>	68
Le bloc Boucle avec les capteurs.....	68
<i>Exercice 26 : la mélodie du bonheur !</i>	69
Le bloc Sélecteur avec les capteurs	69
<i>Exercice 27 : rester à l'arrêt ou partir ?</i>	71
<i>Exercice 28 : des choix difficiles !</i>	71
Les modes Comparer, Changement et Mesure	73
Aller plus loin.....	74
<i>Exercice 29 : choisir une direction !</i>	74
<i>Exercice 30 : Attendre, Boucle ou Sélecteur ?</i>	74
<i>Exercice 31 : les boutons de la brique !</i>	74

<i>Exercice de conception 4 : une alarme d'intrusion !</i>	74
<i>Exercice de conception 5 : un interrupteur d'éclairage !</i>	74

7

Le capteur de couleur	75
Monter le capteur de couleur	75
Le mode Couleur	77
Rester à l'intérieur d'une zone délimitée	77
<i>Exercice de conception 6 : un bulldozer !</i>	78
Suivre une ligne	79
Le bloc Sélecteur en mode Mesure	80
<i>Exercice 32 : tracer sa propre piste !</i>	81
<i>Exercice 33 : arrêt sur la ligne bleue !</i>	81
<i>Exercice 34 : annoncer la couleur !</i>	81
Le mode Intensité de la lumière réfléchie	81
<i>Exercice 35 : un réflecteur idéal !</i>	81
Fixer la valeur du seuil	82
Comparer la mesure du capteur à un seuil	82
Suivre une ligne sans à-coups.....	83
Le mode Intensité lumineuse ambiante	85
Mesurer l'intensité lumineuse ambiante.....	85
Un programme de code Morse	85
<i>Exercice 36 : un réveil matin !</i>	86
Aller plus loin	86
<i>Exercice 37 : une étiquette de couleur !</i>	87
<i>Exercice 38 : un scanner d'empreintes digitales !</i>	87
<i>Exercice 39 : un motif de couleur !</i>	87
<i>Exercice 40 : des obstacles sur la ligne !</i>	87
<i>Exercice 41 : une piste de folie !</i>	88
<i>Exercice de conception 7 : une sonnette !</i>	88
<i>Exercice de conception 8 : un coffre-fort sécurisé !</i>	88

8

Le capteur infrarouge	89
Le mode Proximité.....	89
Éviter des obstacles	90
Combiner des capteurs	90
<i>Exercice 42 : gros plan !</i>	90
<i>Exercice 43 : trois capteurs !</i>	90
Le mode Télécommande	92
<i>Exercice 44 : déverrouiller la télécommande !</i>	92
Le mode Proximité de la balise	93
Le mode Direction de la balise.....	93
<i>Exercice 45 : un suivi plus fluide !</i>	94
Combiner des modes de fonctionnement du capteur	95
Aller plus loin	95
<i>Exercice 46 : suis-moi !</i>	95
<i>Exercice 47 : un sonar !</i>	96

<i>Exercice de conception 9 : un passage à niveau !</i>	96
<i>Exercice de conception 10 : une alarme à toute épreuve !</i>	96
9	
Les boutons de la brique et les capteurs de rotation	97
Les boutons de la brique.....	97
<i>Exercice 48 : un long message !</i>	97
<i>Exercice 49 : un menu personnalisé !</i>	97
Le capteur de rotation	98
La position du moteur.....	98
Réinitialiser la position du moteur.....	99
La vitesse de rotation.....	99
<i>Exercice 50 : retour au début !</i>	100
<i>Exercice 51 : la vitesse en couleurs !</i>	100
Réguler la vitesse	101
La vitesse régulée en action.....	101
Arrêter un moteur bloqué.....	101
Aller plus loin.....	102
<i>Exercice 52 : les boutons de la brique à distance !</i>	102
<i>Exercice 53 : détection d'obstacles à faible vitesse !</i>	102
<i>Exercice de conception 11 : une maison automatisée !</i>	102

PARTIE III TECHNIQUES DE CONSTRUCTION DES ROBOTS

10	
Construire avec les poutres, axes, connecteurs et moteurs	105
Poutres et cadres.....	106
Prolonger des poutres	106
Utiliser des cadres.....	106
Renforcer des structures avec des poutres	107
Utiliser des poutres coudées.....	107
<i>Exercice 54 : des triangles plus grands !</i>	108
Le gabarit en unités LEGO.....	108
<i>Exercice 55 : assemblages en angle !</i>	110
Axes et trous cruciformes.....	110
Les connecteurs.....	111
Prolonger des axes.....	111
Relier des poutres parallèles.....	111
Assembler des poutres en angle droit.....	111
Sécuriser des poutres parallèles.....	111
<i>Exercice 56 : des connecteurs constructifs !</i>	113
Employer des moitiés d'unités LEGO	114
<i>Exercice 57 : des poutres de demi-unité !</i>	114
Utiliser des éléments fins.....	114
Les structures souples.....	114
Les moteurs et les capteurs.....	115
Construire à partir du gros moteur.....	115
Construire à partir du moteur moyen	118

Construire avec des capteurs.....	119
Les autres éléments.....	119
Aller plus loin.....	119
<i>Exercice de conception 12 : une chenille de char !</i>	119
<i>Exercice de conception 13 : un nettoyeur de surface !</i>	120
<i>Exercice de conception 14 : un ouvre-rideaux !</i>	120
11	
Construire avec les engrenages.....	121
Les principes fondamentaux des engrenages.....	121
<i>Exercice 58 : observons les engrenages !</i>	122
Au plus près des engrenages.....	122
Calculer le rapport de transmission pour deux roues.....	123
Réduire et augmenter la vitesse de rotation.....	123
<i>Exercice 59 : mathématiques des engrenages !</i>	124
À propos du couple.....	124
Créer des trains d'engrenages plus longs.....	125
<i>Exercice 60 : un mouvement prévisible !</i>	127
<i>Exercice 61 : direction composée !</i>	127
Frottement et entredent.....	128
Les roues dentées de l'ensemble EV3.....	128
Utiliser le gabarit quadrillé.....	129
Les roues coniques simples et doubles.....	130
<i>Exercice 62 : à la perpendiculaire !</i>	133
<i>Exercice 63 : des trains d'engrenages forts !</i>	133
Les roues à pommeaux.....	133
Les vis sans fin.....	133
<i>Exercice 64 : entraînement par vis sans fin !</i>	134
Les trains d'engrenages robustes.....	134
Encadrer les roues dentées par des poutres.....	134
Éviter la torsion des axes.....	135
Inverser le sens de rotation.....	135
Engrenages et moteurs EV3.....	135
Aller plus loin.....	137
<i>Exercice de conception 15 : un dragster !</i>	137
<i>Exercice de conception 16 : un escargot !</i>	137
<i>Exercice de conception 17 : escalade !</i>	137
<i>Exercice de conception 18 : un plateau tournant !</i>	138
<i>Exercice de conception 19 : un bras robotique !</i>	138

PARTIE IV ROBOTS DE TYPE VÉHICULE ET ANIMAL

12	
Formula EV3 : un robot de course.....	141
Assembler la voiture Formula EV3.....	142
Propulsion et direction.....	163
Créer des blocs pour la direction.....	163
Tester les blocs Mon bloc.....	166

Créer un programme de commande à distance.....	166
Pilotage automatique	168
Aller plus loin	168
<i>Exercice 65 : aller trop loin !</i>	168
<i>Exercice 66 : pilotage de nuit !</i>	168
<i>Exercice 67 : un accélérateur câblé !</i>	169
<i>Exercice 68 : clignotement du feu arrière !</i>	169
<i>Exercice 69 : détection d'accident !</i>	169
<i>Exercice de conception 20 : rouler plus vite !</i>	170
<i>Exercice de conception 21 : une version supérieure du véhicule !</i>	170

13

ANTY : le robot fourmi 171

Comprendre le mécanisme de marche	172
Assembler ANTY.....	173
Faire marcher ANTY.....	190
Créer le bloc personnalisé Opposite	190
Éviter des obstacles	190
Programmer des comportements	191
Rechercher de la nourriture	191
Percevoir l'environnement	191
Aller plus loin	194
<i>Exercice 70 : contrôle à distance !</i>	194
<i>Exercice 71 : une créature nocturne !</i>	194
<i>Exercice 72 : des robots affamés !</i>	194
<i>Exercice de conception 22 : un robot-araignée !</i>	194
<i>Exercice de conception 23 : des antennes !</i>	195
<i>Exercice de conception 24 : des pinces effrayantes !</i>	195

PARTIE V CRÉATION DE PROGRAMMES ÉLABORÉS

14

Les fils de données..... 199

Assembler SK3TCHBOT	200
Introduction aux fils de données.....	210
<i>Exercice 73 : une sonde de distance !</i>	210
Utiliser les fils de données	211
Afficher la valeur d'un fil de données.....	211
Supprimer un fil de données.....	212
Fils de données entre blocs séparés	212
Utiliser plusieurs fils de données	212
Répéter des blocs pourvus de fils de données	213
<i>Exercice 74 : un graphique à barres !</i>	213
<i>Exercice 75 : un graphique étendu !</i>	214
Types de fils de données	214
Fil de données numériques.....	214
Fil de données logiques.....	214

Fil de données textuelles.....	214
<i>Exercice 76 : arrêt en douceur !</i>	214
Tableau de nombres et Tableau logique.....	215
Conversion de type.....	215
Blocs Capteur.....	217
Mode Mesure.....	217
Mode Comparer.....	218
<i>Exercice 77 : un accélérateur !</i>	219
<i>Exercice 78 : mon application Port View !</i>	219
<i>Exercice 79 : une comparaison de taille !</i>	219
Plage de valeurs d'un fil de données.....	219
Fonctionnalités avancées des blocs de déroulement.....	220
Fils de données et bloc Attendre.....	220
Fils de données et bloc Boucle.....	220
<i>Exercice 80 : accélération infrarouge !</i>	221
Fils de données et bloc Sélecteur.....	221
Bloc Interruption de boucle.....	223
<i>Exercice 81 : interrompre des interruptions !</i>	225
Aller plus loin.....	225
<i>Exercice 82 : pratique du capteur !</i>	225
<i>Exercice 83 : puissance contre vitesse !</i>	225
<i>Exercice 84 : direction réelle !</i>	226
<i>Exercice 85 : SK3TCHBOT vous surveille !</i>	226
<i>Exercice 86 : un oscilloscope !</i>	226
<i>Exercice de conception 25 : une main bionique !</i>	226

15

Utiliser des blocs Mon bloc et Opérations sur les données

avec des fils de données.....	227
Utiliser des blocs Opérations sur les données.....	227
Le bloc Maths.....	228
<i>Exercice 87 : 100 % math !</i>	228
<i>Exercice 88 : valeurs ajoutées !</i>	230
<i>Exercice 89 : vitesse infrarouge !</i>	230
<i>Exercice 90 : vitesse infrarouge double !</i>	230
<i>Exercice 91 : contrôle de gain !</i>	230
<i>Exercice 92 : contrôle de direction !</i>	230
Le bloc Aléatoire.....	231
<i>Exercice 93 : fréquence aléatoire !</i>	232
Le bloc Comparer.....	232
<i>Exercice 94 : moteur et vitesse aléatoires !</i>	232
Le bloc Opérations logiques.....	233
<i>Exercice 95 : des capteurs logiques !</i>	234
<i>Exercice 96 : attendre trois capteurs !</i>	234
Le bloc Plage.....	234
Le bloc Arrondi.....	234
Le bloc Texte.....	235
<i>Exercice 97 : un compte à rebours !</i>	236

Créer des blocs Mon bloc avec des fils de données.....	236
Le bloc Mon bloc avec des entrées	236
Modifier des blocs Mon bloc	239
<i>Exercice 98 : mon unité !</i>	239
<i>Exercice 99 : un affichage amélioré !</i>	239
Le bloc Mon bloc avec des sorties.....	240
<i>Exercice 100 : proximité moyenne !</i>	241
<i>Exercice 101 : changement de proximité !</i>	241
Le bloc Mon bloc avec des entrées et des sorties	242
<i>Exercice 102 : mathématiques du cercle !</i>	243
Les stratégies de création de blocs Mon bloc.....	243
Les points de départ des blocs Mon bloc	243
Partager des blocs Mon bloc entre projets.....	243
Aller plus loin	243
<i>Exercice 103 : est-ce un entier ?</i>	244
<i>Exercice 104 : double blocage !</i>	244
<i>Exercice 105 : un test de réflexe !</i>	244
<i>Exercice de conception 26 : un robot horloge !</i>	244

16

Constantes et variables 245

Les constantes	245
Les variables.....	245
Définir une variable	246
Le bloc Variable.....	246
<i>Exercice 106 : ancienne contre nouvelle !</i>	248
<i>Exercice 107 : précédente contre nouvelle !</i>	248
Modifier et incrémenter une variable	249
Initialiser une variable.....	249
Calculer une moyenne.....	250
Aller plus loin	251
<i>Exercice 108 : comptage et décomptage !</i>	251
<i>Exercice 109 : moyenne encadrée !</i>	251
<i>Exercice 110 : vérification aléatoire !</i>	251
<i>Exercice 111 : approche au plus près !</i>	252
<i>Exercice de conception 27 : un compteur de clients !</i>	252

17

Les jeux sur l'EV3..... 253

Étape 1 : créer des dessins élémentaires	254
Mon Bloc 1 : Clear	254
Mon Bloc 2 : Coordinates	254
Terminer le programme de base.....	254
Étape 2 : ajouter les commandes du crayon.....	255
Déplacer le crayon sans dessiner.....	255
Transformer le crayon en gomme	255
Effacer l'écran	257
Fixer la taille du crayon.....	257

<i>Exercice 112 : un robot artiste !</i>	259
<i>Exercice 113 : retour de force !</i>	259
<i>Exercice 114 : un crayon pointu !</i>	259
Aller plus loin	259
<i>Exercice 115 : un jeu d'arcade !</i>	259
<i>Exercice 116 : entraînement cérébral !</i>	260
<i>Exercice de conception 28 : un traceur !</i>	260

PARTIE VI DES ROBOTS DE TYPES MACHINE ET HUMANOÏDE

18

SNATCH3R : un bras robotique autonome	263
La pince	263
Le mécanisme de saisie	265
Le mécanisme de levage	265
Assembler SNATCH3R	266
Commander la pince	299
Mon bloc 1 : Grab	299
Mon bloc 2 : Reset	299
Mon bloc 3 : Release	299
Le programme de commande à distance	300
<i>Exercice 117 : une télécommande améliorée !</i>	301
<i>Exercice 118 : contrôler la vitesse à distance !</i>	301
Dépanner le mécanisme de saisie	301
Rechercher la balise infrarouge	301
L'insecte infrarouge	301
Mon bloc 4 : Search	303
<i>Exercice 119 : vérification du signal !</i>	307
Le programme final	307
Aller plus loin	308
<i>Exercice 120 : toujours occupé !</i>	309
<i>Exercice 121 : l'éclaireur !</i>	309
<i>Exercice 122 : un détecteur !</i>	309
<i>Exercice de conception 29 : une pelleteuse !</i>	309

19

LAVA R3X : l'humanoïde qui marche et qui parle	311
Assembler les jambes	312
Faire marcher le robot	330
Mon bloc 1 : Reset	330
Mon bloc 2 : Return	330
Mon bloc 3 : OnSync	332
Mon bloc 4 : Left	334
Faire les premiers pas	334
Assembler la tête et les bras	335
<i>Exercice 123 : mon bloc Walk !</i>	335
<i>Exercice 124 : marche arrière !</i>	335
<i>Exercice 125 : à droite toute !</i>	335

Contrôler la tête et les bras.....	344
Mon bloc 5 : Head.....	344
Éviter les obstacles et répondre à une poignée de main.....	344
Aller plus loin.....	347
<i>Exercice 126 : des robots danseurs !</i>	347
<i>Exercice 127 : quelle est la différence ?</i>	348
<i>Exercice 128 : un robot coach !</i>	348
<i>Exercice 129 : un robot suiveur !</i>	348
<i>Exercice 130 : en cadence !</i>	348
<i>Exercice 131 : marche télécommandée !</i>	348
<i>Exercice 132 : Tamagotchi !</i>	349
<i>Exercice de conception 30 : un robot bipède !</i>	349

A

Résoudre les problèmes de programmation, de la brique EV3

et des connexions sans fil	351
Échecs de la compilation.....	351
Blocs Mon bloc manquant.....	351
Erreurs dans les blocs de programmation	351
Définitions de variables manquantes.....	352
Programme en cours d'exécution.....	352
Brique EV3.....	354
Page du matériel	354
Problèmes de connexion USB.....	355
Redémarrer la brique EV3.....	355
Mettre à jour le firmware de l'EV3.....	355
Éviter la perte de données grâce à une carte Micro-SD	356
Programmer l'EV3 sans fil.....	356
Transfert par Bluetooth.....	356
Transfert par Wi-Fi.....	358
Choisir entre Bluetooth et Wi-Fi.....	358
En résumé.....	358

B

Programmation sur la brique.....359

Créer, enregistrer et exécuter un programme de brique.....	359
Ajouter des blocs dans la boucle	360
Fixer les paramètres d'un bloc.....	360
Exécuter un programme	360
Enregistrer et ouvrir un programme.....	361
Utiliser les blocs de programmation sur la brique.....	361
Importer des programmes de brique.....	361
En résumé.....	363

Index..... 365

Avant-propos

Public visé

Vous n'avez besoin d'aucune expérience préalable avec la gamme LEGO MINDSTORMS pour profiter de cet ouvrage. Vous passerez progressivement des programmes élémentaires à des programmes élaborés, en construisant des robots de plus en plus sophistiqués. Les débutants doivent commencer par le chapitre 1, puis suivre les instructions détaillées du chapitre 2 pour monter et programmer un robot de base. Les utilisateurs ayant déjà une certaine expérience avec MINDSTORMS, eux, peuvent commencer par le chapitre qui les intéresse le plus, pour ensuite progresser comme il leur plaît. Les chapitres de programmation avancée de la partie V et les robots proposés dans la partie VI intéresseront particulièrement les lecteurs expérimentés.

Organisation de l'ouvrage

Par exemple, vous apprendrez les techniques de programmation de base en même temps que vous découvrirez comment faire bouger votre premier robot. Les techniques plus élaborées viendront ensuite avec la construction de nouveaux robots. Cet ouvrage met ainsi en avant un « apprentissage par l'expérimentation », ce qui nous semble être la meilleure manière d'apprendre à construire et à programmer des robots MINDSTORMS.

Exercices

Pour vous aider à maîtriser les concepts présentés dans chaque chapitre, nous avons parsemé cet ouvrage d'exercices qui sont autant de défis à relever. Ils proposeront d'étendre les programmes décrits tout au long du chapitre correspondant ou d'en concevoir de tous nouveaux. Par exemple, après avoir appris à commander votre robot pour qu'il joue des sons et affiche du texte sur son écran, il vous sera proposé de compléter le programme afin que le robot affiche à l'écran le texte qu'il est en train de prononcer.

Êtes-vous prêt à entrer dans le monde fascinant de la robotique ? Puisque vous lisez cet ouvrage, nous supposons que vous avez choisi pour cela l'ensemble robotique LEGO MINDSTORMS EV3. Vous avez bien fait !

J'ai découvert la gamme MINDSTORMS quand j'avais 13 ans. C'était en 2005, avec la version Robotics Invention System disponible à cette époque-là. Au début, ils ont été un passe-temps. Mais j'ai trouvé les robots tellement fascinants que j'ai décidé ensuite de me diriger vers un diplôme d'ingénieur. LEGO MINDSTORMS est une excellente entrée en matière pour quiconque souhaite se familiariser avec certains concepts de la robotique et de l'ingénierie tels que la programmation et l'utilisation de moteurs et de capteurs.

L'objectif de cet ouvrage est de vous aider à explorer les nombreuses possibilités offertes par la gamme MINDSTORMS. J'espère que cet ensemble robotique vous amusera autant que moi et qu'il vous permettra d'apprendre énormément de choses.

Objectifs du livre

L'ensemble robotique LEGO MINDSTORMS EV3 comprend de nombreuses pièces accompagnées d'instructions qui permettent de construire cinq robots. Vous aurez certainement beaucoup de plaisir à les monter et à les programmer. Cependant, si vous débutez, vous aurez sans doute du mal à aller au-delà. Tous les outils nécessaires au fonctionnement de ces robots sont présents dans la boîte. Mais le guide de l'utilisateur ne couvre qu'une partie de ce dont vous aurez besoin pour ensuite construire et programmer vos propres robots.

Cet ouvrage peut servir de guide de référence, mais là n'est pas son objectif premier. Son but est de vous aider à découvrir tout le potentiel de l'ensemble LEGO MINDSTORMS EV3. Il se veut plutôt un manuel pratique qui s'articule autour d'activités de construction, de programmation et de robotique, afin d'éviter les longs chapitres théoriques fastidieux. Il vous apprendra à inventer, à construire et à programmer vos propres robots.

De nombreux chapitres se terminent par des exercices de conception. Ces derniers proposent des idées de modification ou d'amélioration du robot construit dans le chapitre correspondant. Par exemple, saurez-vous ajouter un mécanisme d'engrenages entre les moteurs et les roues de la voiture de course afin qu'elle roule plus vite ? Il vous sera également suggéré de concevoir un nouveau robot qui transforme votre EV3 en détecteur d'intrusion !

Estimation de la difficulté et du temps

Afin de vous aider à choisir les défis que vous voudrez relever, nous vous indiquons leur niveau de difficulté. Les exercices faciles (☐) peuvent en général être réalisés en créant ou en étendant un programme à l'aide de techniques semblables à celles données en exemple. Les exercices de difficulté moyenne (☐☐) vous demanderont d'aller plus loin, parfois en intégrant des concepts nouveaux et des techniques apprises précédemment. Enfin, les exercices difficiles (☐☐☐) feront appel à votre créativité afin de vous entraîner à aller plus loin que les exemples décrits.

Pour estimer le niveau de difficulté de chaque exercice, nous supposons que les chapitres sont lus par ordre chronologique. Autrement dit, un exercice considéré « difficile » au chapitre 4 pourra être en réalité bien plus facile qu'un exercice également signalé « difficile » au chapitre 19.

Nous donnons également une estimation du temps nécessaire à la résolution de chaque exercice. La durée peut être courte (⌚), moyenne (⌚⌚) ou longue (⌚⌚⌚). En général, les exercices courts peuvent être résolus en apportant quelques changements au programme d'exemple, tandis que les exercices longs impliqueront la création d'un tout nouveau programme.

Les exercices de conception prendront souvent plus de temps, car ils nécessitent un travail de construction et de programmation. Ils sont donc évalués à la fois sur leur partie construction (⚙️) et sur leur partie programmation (☐).

Recherche de solutions

Pour certains exercices, nous vous offrons quelques conseils pour vous aider à démarrer plus facilement, mais il existe de nombreuses manières de résoudre chaque problème. Vous n'êtes donc pas obligé de suivre nos indications. Alors n'hésitez pas à mettre en œuvre une solution différente à laquelle nous n'aurions pas pensé.

La difficulté et le temps précisés pour chaque exercice ne sont que des estimations. Ne craignez surtout pas de dépasser le temps indiqué. L'important pour vous, c'est d'apprécier le moment que vous consacrerez à un défi.

Vous trouverez, en anglais, les solutions de certains exercices sur le site <http://ev3.robotsquare.com/>. Elles vous aideront à démarrer. Mais lorsque nous n'en proposons pas en téléchargement, vous devrez faire preuve de créativité.

Contenu des chapitres

Voici une brève vue d'ensemble du contenu des six parties de cet ouvrage. Certains termes seront peut-être nouveaux pour vous, mais vous découvrirez leur signification au fur et à mesure de votre lecture.

Partie I : premiers pas

La partie I commence par présenter, au chapitre 1, le contenu de l'ensemble robotique EV3. Au chapitre 2, vous construirez votre premier robot et découvrirez la brique EV3. Le chapitre 3 présente ensuite le logiciel EV3, qui permet de programmer les robots. Puis, au chapitre 4, vous apprendrez à l'utiliser pour créer vos premiers programmes à partir de blocs de programmation de base. Enfin, le chapitre 5 détaille les principales techniques de programmation, comme demander au robot de répéter certaines actions et d'effectuer plusieurs tâches en même temps.

Partie II : des robots équipés de capteurs

Cette partie se focalise sur les capteurs, car ils sont des composants essentiels des robots MINDSTORMS. Le chapitre 6 explique comment ajouter le capteur tactile au robot construit au cours des chapitres précédents. L'objectif de ce chapitre est de vous apprendre à maîtriser les techniques de programmation impliquées dans l'utilisation des capteurs. Vous découvrirez ensuite le capteur de couleur (chapitre 7), le capteur infrarouge et la balise infrarouge (chapitre 8), ainsi que deux types de capteurs intégrés (chapitre 9).

Partie III : techniques de construction

Cette partie présente les éléments de construction LEGO Technic qui se trouvent dans l'ensemble EV3. Vous apprendrez à employer les poutres, les axes et les connecteurs au chapitre 10, et les roues dentées au chapitre 11.

Partie IV : les robots de types véhicule et animal

Lorsque vous aurez appris à utiliser les moteurs et les capteurs, vous assemblerez deux robots pour lesquels vous exploiterez ces connaissances. Vous construirez la voiture de course Formula EV3 au chapitre 12, puis ANTY, le robot fourmi, au chapitre 13.

Partie V : programmes élaborés

La partie V est consacrée aux concepts de programmation élaborés. Vous y découvrirez les fils de données (chapitre 14), la façon de traiter les valeurs des capteurs et d'effectuer des calculs sur l'EV3 (chapitre 15), et comment doter le robot d'une mémoire avec les variables (chapitre 16). Enfin, le chapitre 17 explique comment réunir toutes ces techniques de programmation pour créer un robot qui vous propose d'utiliser l'écran de l'EV3 à la manière d'un télécran.

Partie VI : robots de types machine et humanoïde

Grâce à vos nouvelles connaissances sur les moteurs, les capteurs et la programmation élaborée, vous serez en mesure de créer les deux robots complexes de la partie VI. Au chapitre 18, vous assemblerez et programmerez SNATCH3R, un bras robotique autonome capable de chercher, saisir, lever et déplacer seul la balise infrarouge.

Enfin, au chapitre 19, vous monterez LAVA R3X, le robot humanoïde illustré en couverture de cet ouvrage, qui est capable de marcher et de parler. Sa conception s'inspire du fameux robot Alpha Rex proposé avec la génération précédente des LEGO MINDSTORMS.

Site web compagnon

Sur le site web, en anglais, qui complète cet ouvrage (<http://ev3.robotsquare.com/>), vous trouverez des liens vers d'autres sites intéressants, les versions téléchargeables de tous les exemples de programmes et les solutions à certains exercices proposés.

À vous de jouer !

MINDSTORMS peut aider à développer la créativité et l'ingéniosité chez les constructeurs de tous âges. Prenez votre ensemble robotique EV3, commencez la lecture du chapitre 1 et entrez dans le monde créatif des LEGO MINDSTORMS. Nous espérons que cet ouvrage vous aidera à exprimer toute votre imagination !

PARTIE I

Premiers pas

1

Préparer l'ensemble EV3

Tous les robots proposés dans ce livre peuvent être construits avec un seul ensemble LEGO MINDSTORMS EV3 (dont la référence est #31313 dans le catalogue LEGO). Si vous possédez cette boîte (voir figure 1-1), alors vous êtes prêt à démarrer. En revanche, si vous disposez de l'ensemble LEGO MINDSTORMS EV3 version Éducation (de référence #45544), consultez le site <http://ev3.robotsquare.com/> afin de connaître les pièces complémentaires dont vous aurez besoin pour mener à bien les projets décrits dans cet ouvrage.

Dans ce chapitre, vous allez découvrir la brique EV3 et les autres éléments de l'ensemble EV3. Par ailleurs, vous téléchargerez et installerez le logiciel qui vous permettra de programmer les robots.

Contenu de la boîte

L'ensemble LEGO MINDSTORMS EV3 comprend un grand nombre d'éléments de construction de la gamme Technic. Il contient également des composants électroniques, notamment des moteurs, des capteurs, la brique EV3, une télécommande et des câbles (voir figure 1-2). Vous apprendrez à utiliser chacun de ces composants au cours de la lecture de cet ouvrage. La liste complète des pièces est donnée à la fin de l'eBook.

Les robots EV3 utilisent des moteurs, gros ou moyens, pour actionner leurs roues, leurs bras ou d'autres éléments animés. Ils se servent aussi de capteurs pour obtenir des informations sur leur environnement, par exemple pour déterminer la couleur d'une surface ou la distance qui les sépare d'un objet. Les moteurs et les capteurs sont reliés à la brique EV3 à l'aide de câbles. La télécommande infrarouge permet, quant à elle, de déplacer et diriger un robot à distance.

La brique EV3

La brique EV3, ou plus simplement l'EV3, est un petit ordinateur qui contrôle les moteurs et les capteurs d'un robot, lui permettant de se déplacer de façon autonome. Par exemple, vous allez très bientôt construire un robot qui s'écartera automatiquement de tout objet qu'il rencontrera au cours de ses déplacements.



Figure 1-1 : L'ensemble LEGO MINDSTORMS EV3 (de référence #31313) contient tous les éléments nécessaires à la construction des robots décrits dans ce livre.

Lorsqu'un capteur signalera à l'EV3 la présence d'un objet à proximité, l'EV3 commandera les moteurs de façon à en éloigner le robot.

Le robot est capable d'effectuer ces actions grâce à un programme. Il s'agit d'une liste d'actions que le robot va réaliser, en général une à la fois. Les programmes sont créés sur un ordinateur à l'aide de l'environnement de programmation LEGO MINDSTORMS EV3. Lorsque l'écriture d'un programme est terminée, il doit être transmis à la brique EV3 via le câble USB fourni. Le robot est alors prêt à réaliser toutes les actions qui auront été programmées.

Pour alimenter l'EV3, insérez six piles AA (voir figure 1-3) ou utilisez la batterie rechargeable LEGO EV3 (de

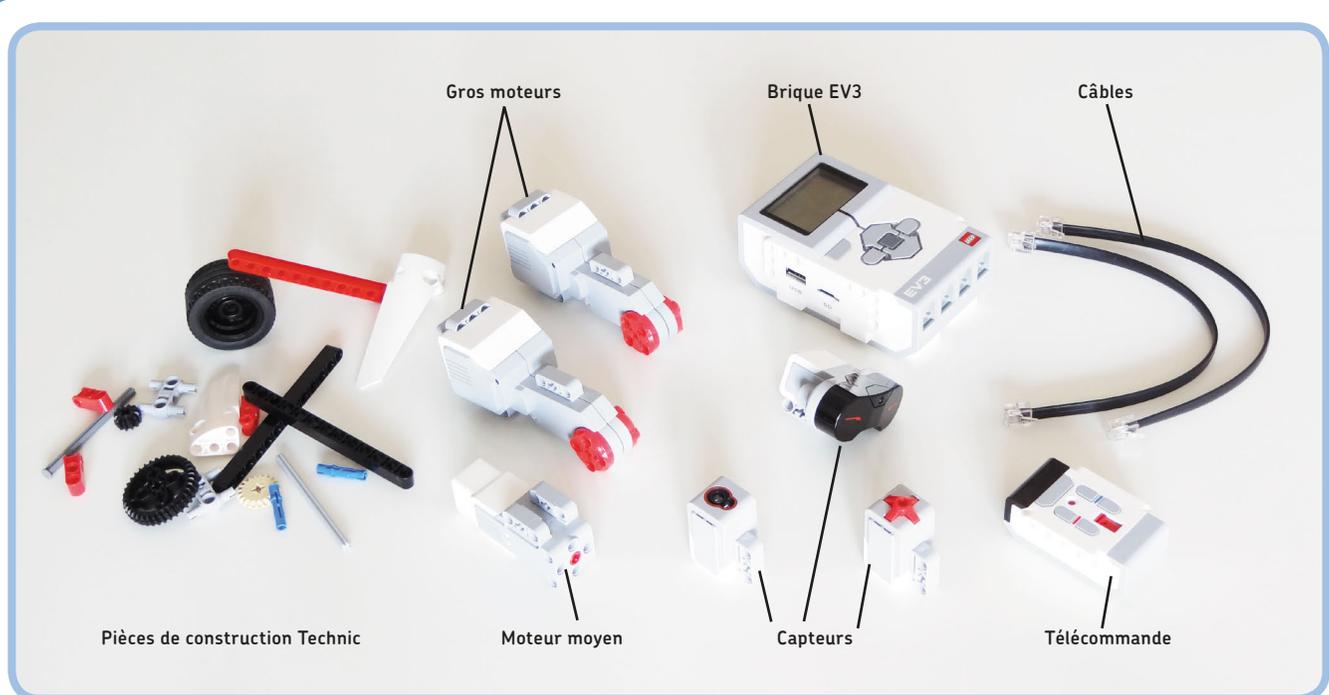


Figure 1-2 : L'ensemble EV3 comprend des pièces de construction de la gamme Technic, des moteurs, des capteurs, la brique EV3, une télécommande et des câbles.

référence #45501) et son chargeur (de référence #8887). En raison de la forme de la batterie rechargeable, la brique EV3 est un peu plus volumineuse. Tous les robots de cet ouvrage peuvent fonctionner avec cette batterie, ce qui n'est pas le cas du robot TRACK3R décrit dans l'ensemble LEGO MINDSTORMS EV3, sauf en le modifiant légèrement pour faire de la place.

Pour alimenter la télécommande infrarouge, insérez deux piles AAA.

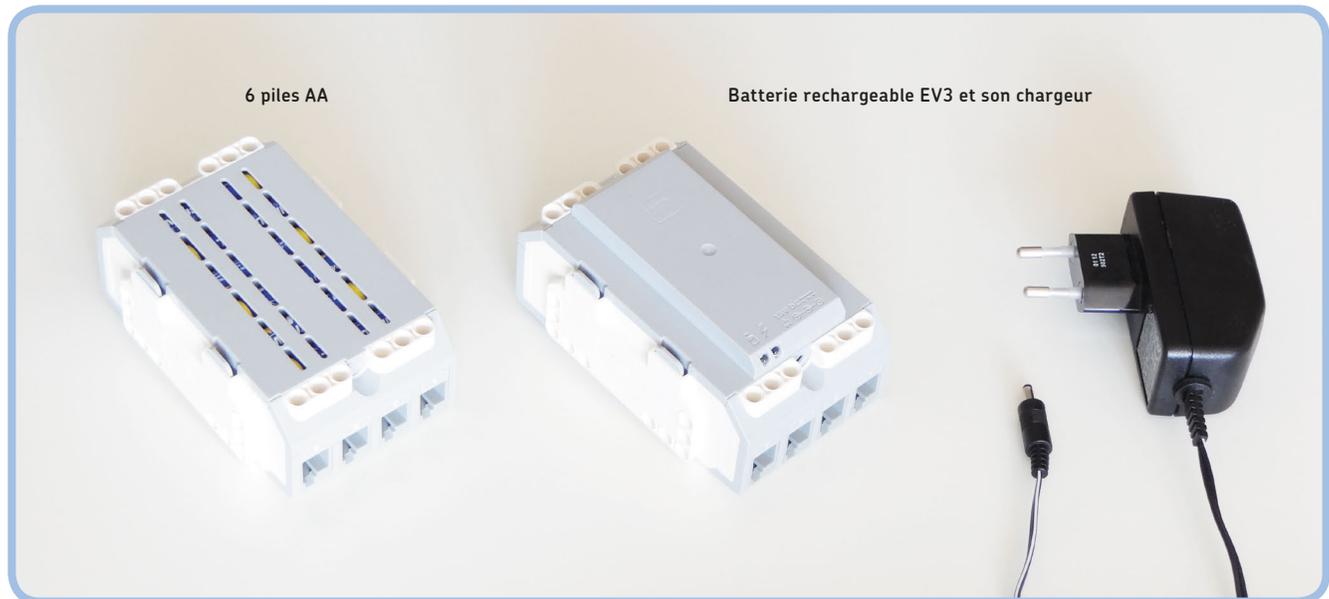


Figure 1-3 : La brique EV3 peut être alimentée soit à l'aide de six piles AA, soit avec la batterie rechargeable EV3.

Trier les pièces Technic

Pour gagner du temps lors de la sélection des pièces LEGO Technic, organisez-les dans une boîte de tri comme celle de la figure 1-4. Il vous sera ainsi plus facile de construire les modèles décrits dans cet ouvrage et, par la suite, de concevoir vos propres robots. En un seul coup d'œil, vous saurez qu'un élément n'est plus disponible. Vous ne perdrez donc pas de temps à rechercher des pièces manquantes.

Il est préférable de trier les pièces selon leur fonction. Par exemple, séparez les poutres, les roues dentées, les axes, etc. Si vous n'avez pas assez de bacs pour chaque type de pièce,

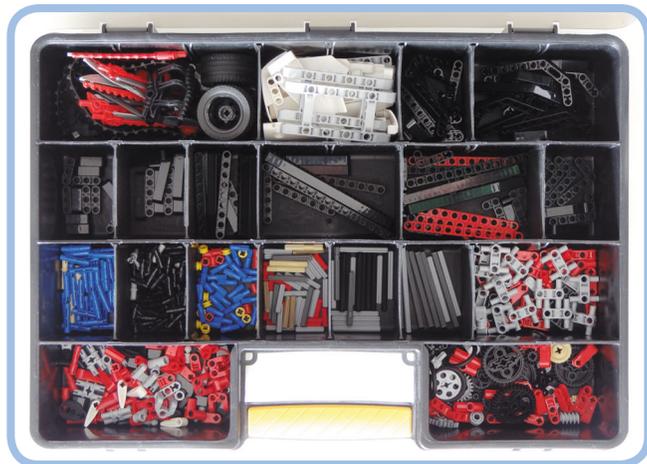


Figure 1-4 : Un exemple de boîte de tri qui contient les pièces Technic fournies avec l'ensemble EV3. Cette boîte mesure 45 cm × 33 cm × 9 cm.

regroupez les éléments qui sont faciles à différencier. Ainsi, il vaudra mieux mélanger les axes gris courts et les axes rouges courts plutôt que de mettre dans le même bac des axes gris de différentes longueurs.

L'ensemble EV3 fournit une planche d'autocollants à placer sur chaque panneau blanc. Collez-les dès à présent (voir figure 1-5), car leurs motifs vous aideront à déterminer le type de panneau (grand ou petit) à utiliser.

Le tapis de mission

À l'intérieur de l'emballage de la boîte de l'EV3, vous trouverez un tapis de mission (voir figure 1-6). Vous pouvez programmer vos robots pour qu'ils interagissent avec ce tapis, par exemple pour qu'ils suivent la ligne rouge épaisse (voir chapitre 7). Pour

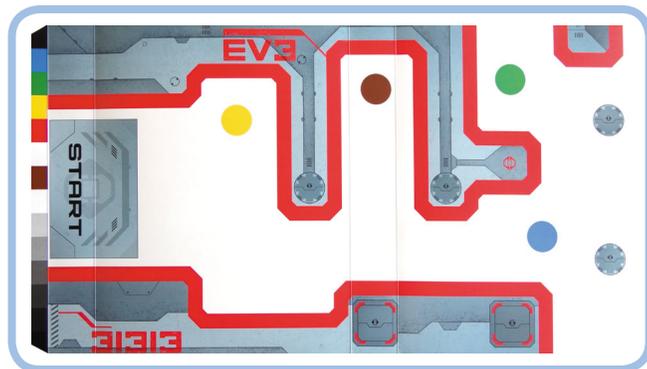


Figure 1-6 : Le tapis de mission est imprimé sur le carton d'emballage de l'EV3 (découpez-le en suivant la ligne en pointillés).



Figure 1-5 : Pour placer parfaitement les autocollants sur les panneaux, reliez tout d'abord les pièces complémentaires à l'aide de deux chevilles noires. L'alignement des autocollants sera ainsi plus facile. Lorsque vous aurez terminé, retirez les chevilles.

les activités proposées dans cet ouvrage, rendez-vous sur le site <http://ev3.robotsquare.com/> et téléchargez puis imprimez votre propre piste que le robot devra suivre.

Contrôler le robot

Avec l'ensemble EV3, il existe différentes manières de contrôler un robot (voir figure 1-7). Dans cet ouvrage, vous apprendrez à utiliser le logiciel de programmation EV3 pour écrire des programmes qui ordonneront au robot d'effectuer automatiquement certaines actions, et vous découvrirez également comment le piloter à distance. Vous pourrez diriger le robot et lui envoyer des commandes à l'aide de la télécommande infrarouge incluse dans la boîte. Par ailleurs, des applications disponibles en téléchargement vous permettront de transformer un smartphone ou une tablette en télécommande. Vous pourrez ainsi contrôler les moteurs et les capteurs du robot, mais également créer une télécommande personnalisée. (Une liste actualisée des applications se trouve sur le site <http://ev3.robotsquare.com/>.)

Télécharger et installer le logiciel de programmation EV3

Avant de pouvoir écrire des programmes pour vos robots, vous devez télécharger et installer le logiciel de programmation EV3. Les étapes suivantes nécessitent de disposer d'une connexion Internet. (Si l'ordinateur que vous utilisez pour créer vos programmes n'est pas relié à Internet, effectuez les étapes 1 et 2 sur un autre ordinateur connecté à Internet, puis transférez le fichier d'installation sur une clé USB d'au moins 1 Go. Copiez ensuite ce fichier depuis la clé sur le premier ordinateur et poursuivez à l'étape 3.)

1. Allez sur le site <http://lego.com/mindstorms/>, choisissez votre langue, cliquez sur **Téléchargements**, puis sur **Télécharger le logiciel (PC/MAC)**, comme l'illustre la figure 1-8. Le logiciel est disponible en plusieurs langues. Dans cet ouvrage, nous utilisons la version française.

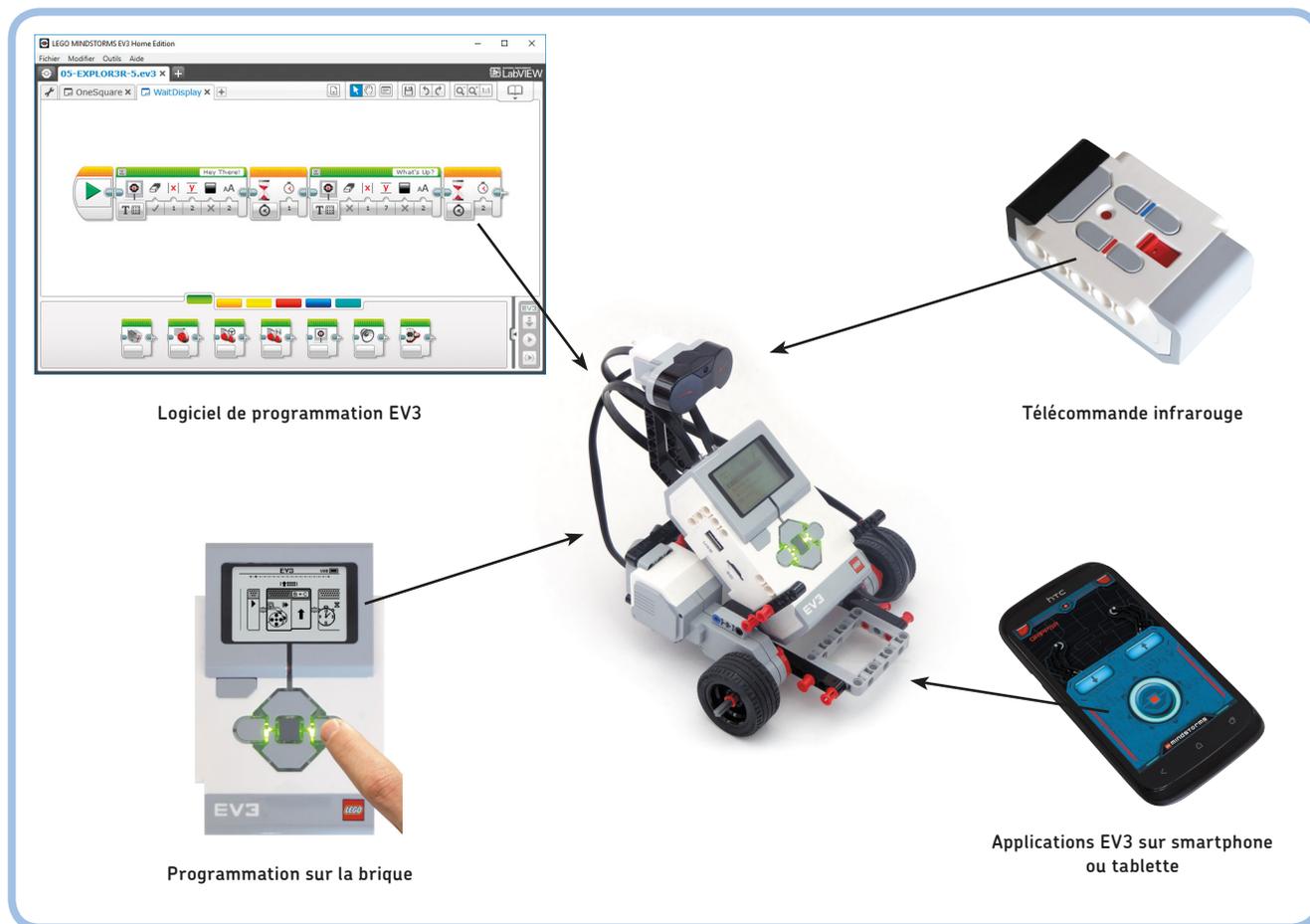


Figure 1-7 : Vous pouvez créer des programmes pour que le robot se déplace automatiquement ou le contrôler à l'aide d'une télécommande.

2. Sur l'écran suivant, choisissez votre système d'exploitation (voir figure 1-9). Pour Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8 et Windows 10, cliquez sur **Windows** et enregistrez le fichier d'installation sur votre ordinateur lorsque cela vous est demandé. Pour Mac OS 10.6 et les versions ultérieures, cliquez sur **OS X**.

NOTE Si le téléchargement prend trop de temps (le fichier pèse plus de 600 Mo), vous pouvez passer au chapitre 2 et commencer la construction du robot. Reprenez la procédure d'installation du logiciel lorsque le téléchargement est terminé.

3. Sur Windows, double-cliquez sur le fichier que vous venez de télécharger et installez le logiciel conformément aux instructions affichées à l'écran (voir figure 1-10).

Sur un Mac, double-cliquez sur le fichier .dmg téléchargé, puis double-cliquez sur le paquetage qui apparaît. Suivez ensuite les instructions d'installation qui s'affichent.

4. Lorsque l'installation est terminée (et après avoir redémarré votre ordinateur comme demandé), vous devrez trouver sur votre Bureau un raccourci libellé **LEGO MINDSTORMS EV3 Home Edition**. Double-cliquez dessus pour lancer le logiciel (l'accès à Internet n'est plus indispensable).

NOTE Pour mettre à jour le logiciel, téléchargez simplement la dernière version disponible et installez-la en reprenant les étapes précédentes. Il est inutile de désinstaller au préalable la version courante.



Figure 1-8 : Sur le site web dédié à LEGO MINDSTORMS EV3, la page des téléchargements propose différents contenus tels qu'un guide d'utilisateur et des blocs de programmation complémentaires.



Figure 1-9 : Choisissez votre système d'exploitation et téléchargez la version la plus récente du logiciel.

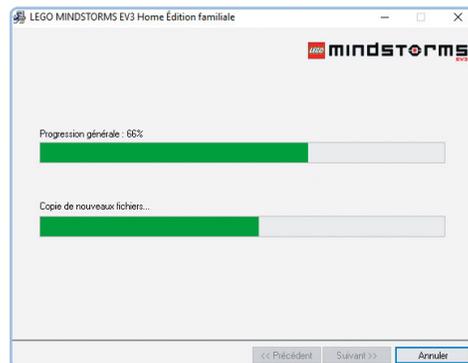


Figure 1-10 : Installation du logiciel en cours. Lancez le programme d'installation en double-cliquant sur le fichier que vous venez de télécharger.

Conclusion

Vous disposez à présent de tout le nécessaire pour construire et programmer un robot opérationnel. Il est donc temps de vous y mettre. Le chapitre 2 se focalise sur la brique EV3, les moteurs et la télécommande, en prenant pour cadre l'assemblage du premier robot.

2

Construire son premier robot

Au chapitre 1, vous avez découvert que les robots EV3 sont constitués de moteurs, de capteurs et de la brique EV3. Pour vous aider à comprendre leur fonctionnement, nous commencerons avec certains d'entre eux uniquement.

Dans ce chapitre, nous utiliserons la brique EV3 et deux gros moteurs pour créer le robot EXPLOR3R, un véhicule équipé de roues (voir figure 2-1). Nous y ajouterons un récepteur pour la télécommande. Ensuite, vous apprendrez à manipuler l'EV3 à l'aide de ses boutons et à commander le robot à distance.

Suivre les instructions de montage

L'ensemble LEGO MINDSTORMS EV3 comprend de nombreuses pièces de type poutres et axes de longueurs différentes. Pour vous aider à trouver l'élément approprié, sa longueur est indiquée à chaque étape du montage (voir figure 2-2).

Pour déterminer la longueur d'une poutre, comptez simplement le nombre de trous (sur la figure, la longueur de la poutre est indiquée par le chiffre « 11 » dans le carré). Pour connaître la longueur d'un axe, placez-le à côté d'une poutre et comptez le nombre de trous auxquels il correspond (sur la figure, la longueur de l'axe est indiquée par le chiffre « 3 » dans le cercle).

Lorsque vous reliez des poutres ou d'autres pièces avec des chevilles, choisissez la cheville appropriée d'après sa couleur (voir figure 2-3). Ce détail est important, car les chevilles sans friction pivotent librement (et elles sont utiles pour les articulations souples). À l'inverse, les chevilles à friction résistent à la rotation (et elles sont plus adaptées pour les constructions rigides).



Figure 2-1 : EXPLOR3R se déplace grâce à deux roues à l'avant et une roue d'appui à l'arrière.

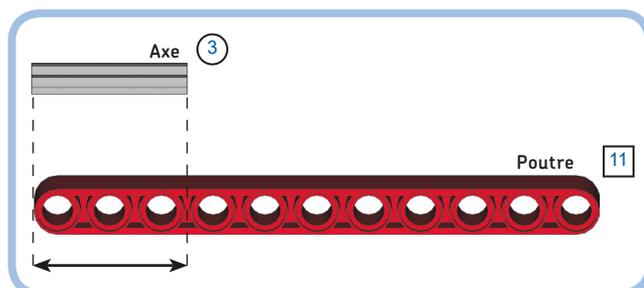


Figure 2-2 : Les poutres et les axes sont disponibles dans différentes longueurs. Pour choisir les pièces appropriées, référez-vous à la longueur indiquée, comme dans cet exemple, ou utilisez le schéma en fin d'ouvrage.

Assembler EXPLOR3R

Avant de commencer la construction, sélectionnez les pièces dont vous aurez besoin en consultant la liste représentée à la figure 2-4. Assemblez ensuite le robot conformément aux instructions données dans les pages suivantes.

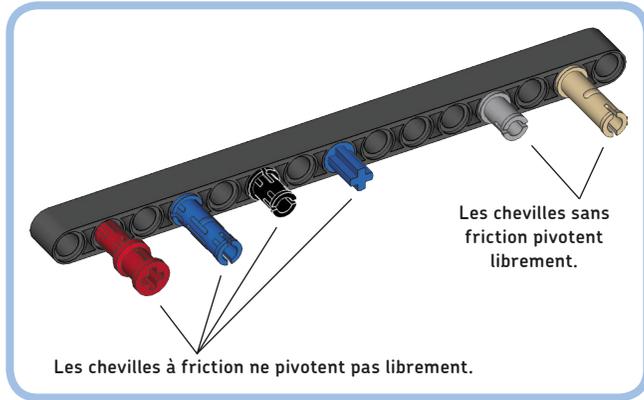


Figure 2-3 : L'ensemble EV3 comprend des chevilles avec et sans friction. Lors de l'assemblage d'un robot, choisissez la pièce appropriée en fonction de sa couleur.

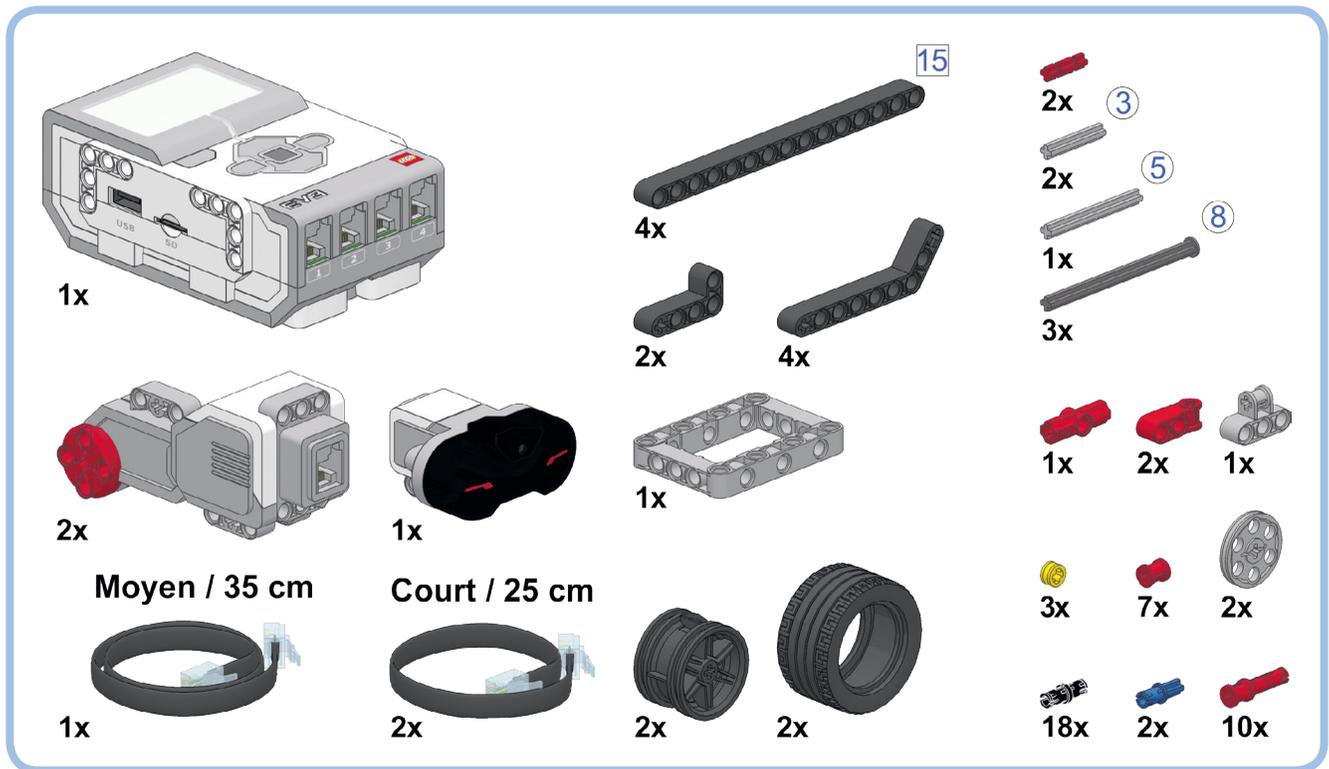
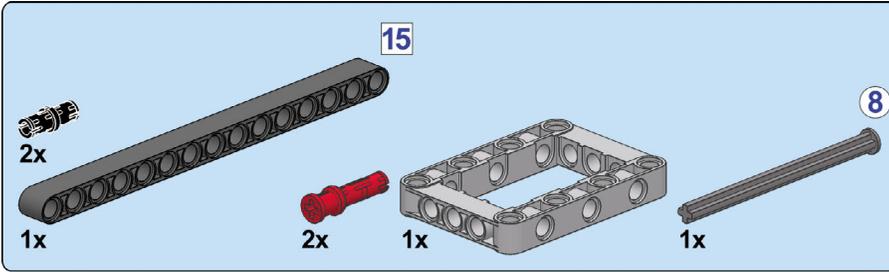
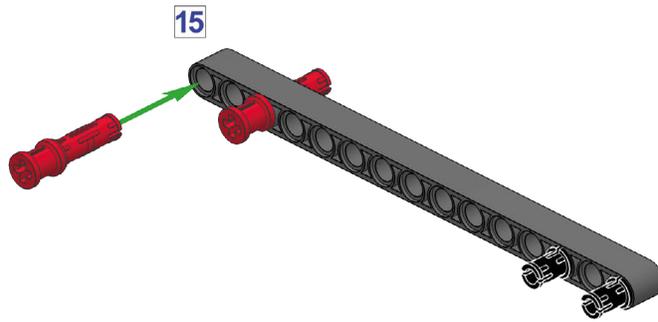


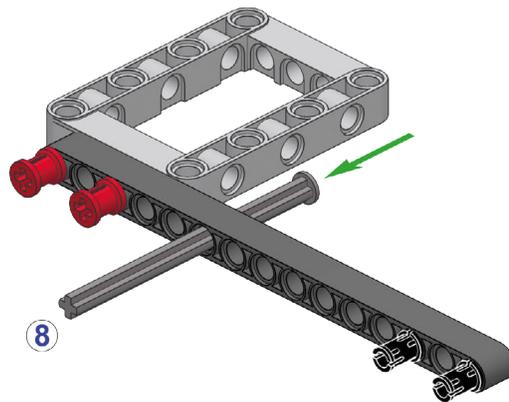
Figure 2-4 : La liste des pièces qui composent le robot EXPLOR3R.

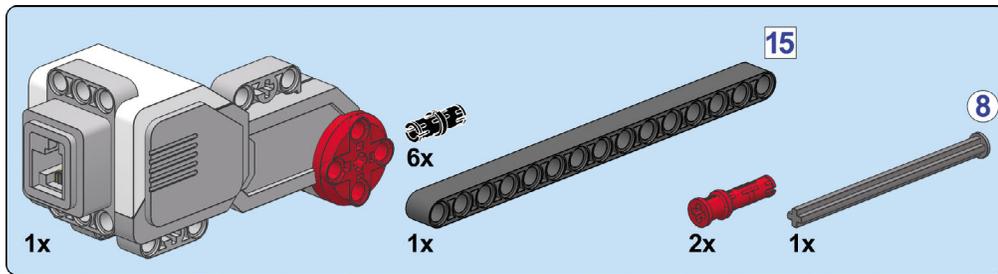


1

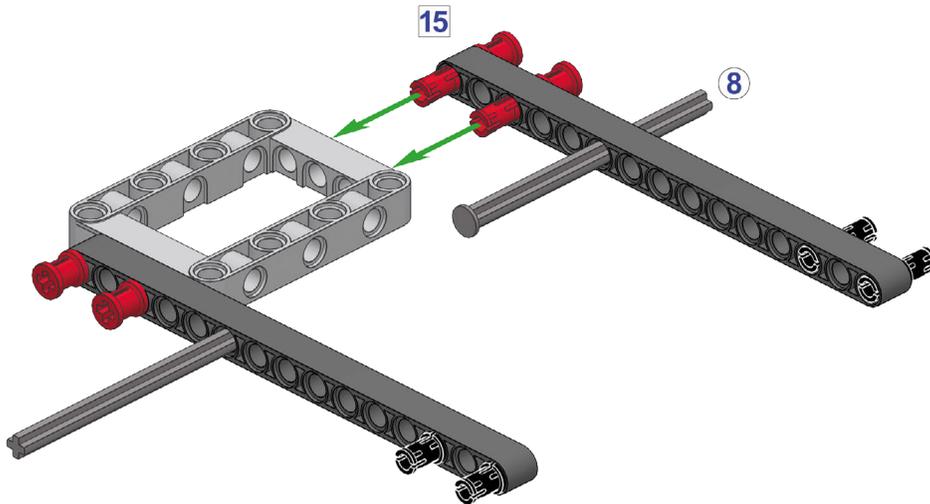


2

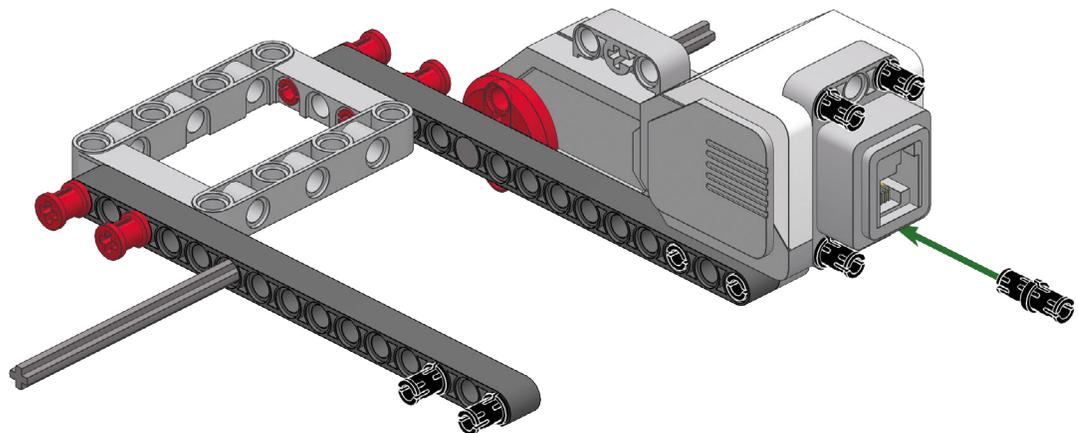


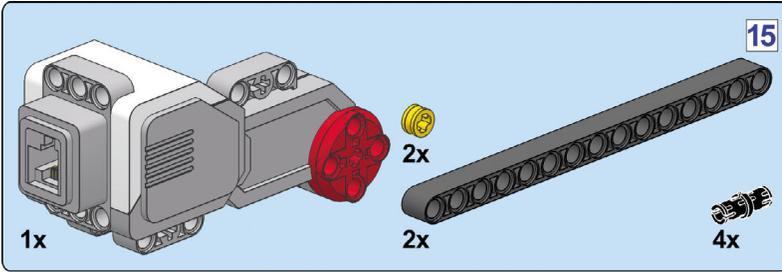


3

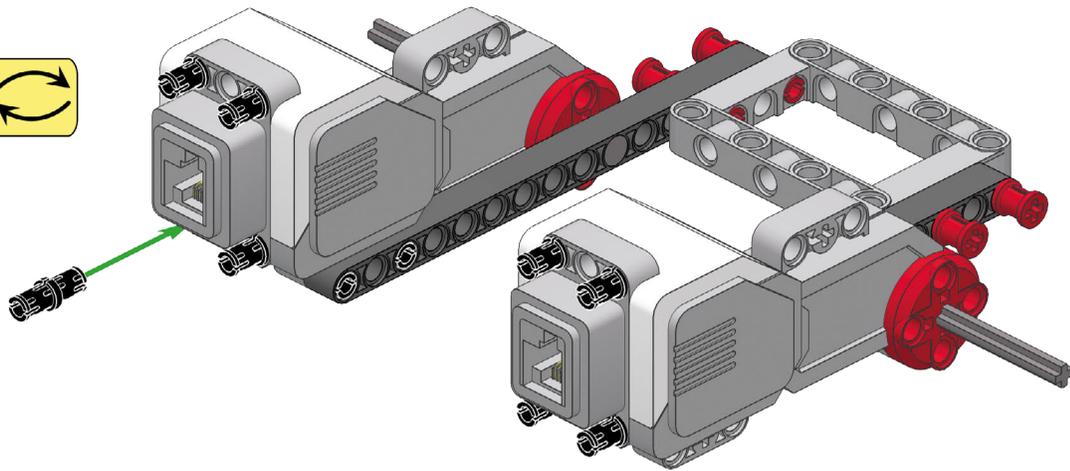


4

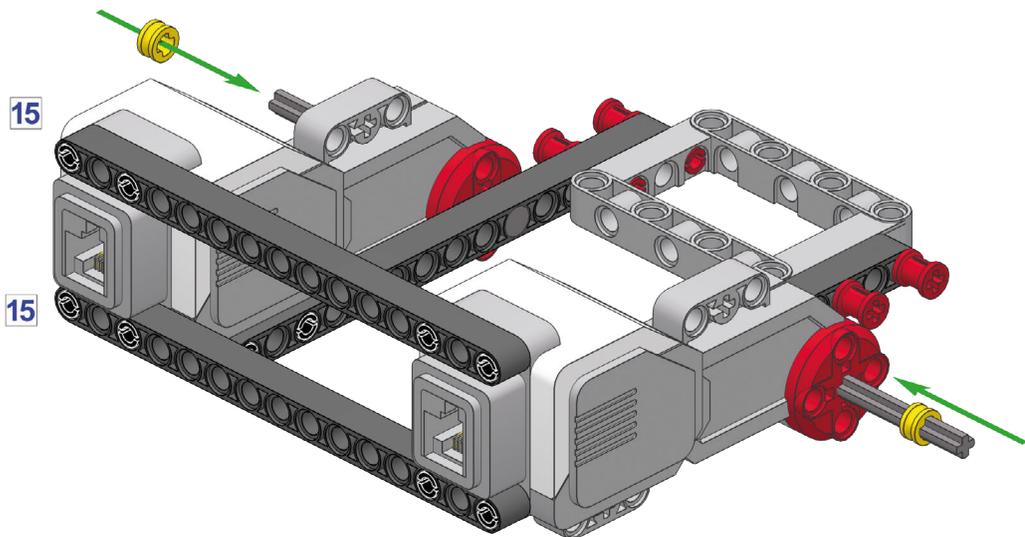




5



6



APPRENEZ À CODER DÈS 5 ANS !

NOUVELLE MATIÈRE
DU PROGRAMME,
DU CE1 À LA 3^E !

SCRATCH



Dès 5 ans
160 pages - 15,90 €



Dès 8 ans
160 pages - 15,90 €



Dès 8 ans
64 pages - 12 €



Dès 10 ans
288 pages - 25 €

PYTHON



Dès 10 ans
64 pages - 12 €



Dès 10 ans
332 pages - 22,90 €



Dès 10 ans
300 pages - 22,90 €

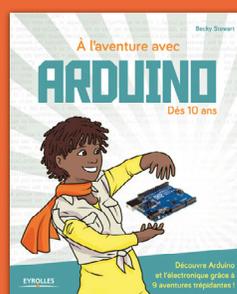


Dès 10 ans
350 pages - 24,90 €

MAKERS



Dès 8 ans
64 pages - 12 €



Dès 10 ans
352 pages - 25 €



Dès 10 ans
320 pages - 25 €

WEB



Dès 10 ans
360 pages - 22,90 €

EYROLLES

Pour en savoir plus : www.editions-eyrolles.com/go/coderaveceyrolles