

Convoyeur de tri IA



Dossier technique
& pédagogique



BE-CONVO

Juin 2026



Edité par la société A4 Technologie
5 avenue de l'Atlantique - 91940 Les Ulis
Tél. : 01 64 86 41 00 - www.a4.fr

**Logiciels, programmes, manuels utilisateurs
téléchargeables gratuitement sur www.a4.fr**

Dossier technique et pédagogique du convoyeur de tri IA

Table des matières

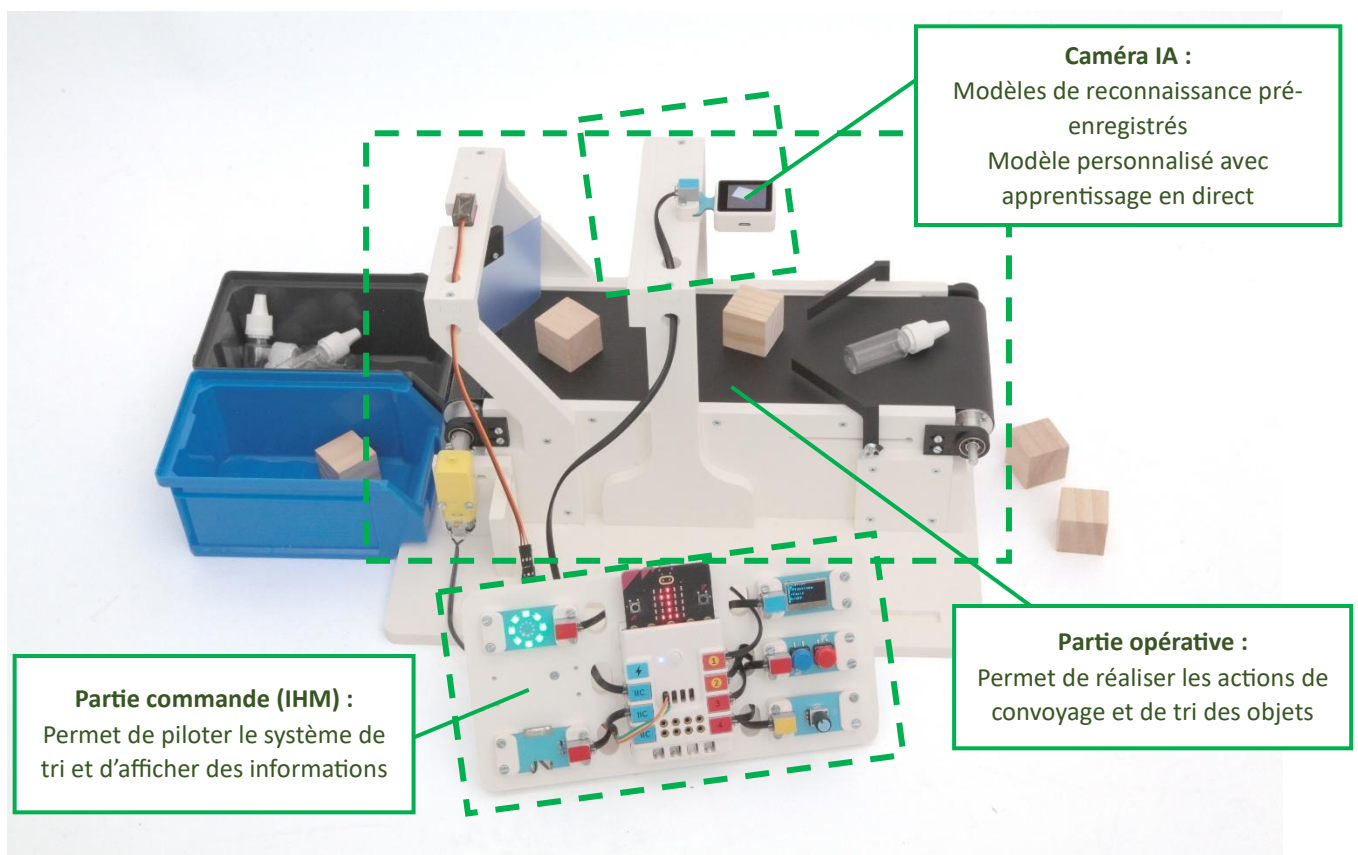
I. Introduction	4
II. Contenu des offres	6
III. Nomenclature	7
a. Convoyeur	7
b. Pupitre de commande + Caméra IA	10
c. Accessoires du convoyeur de tri	11
IV. Montage du convoyeur de tri	12
a. Assemblage de la partie opérative	12
b. Réglage de la tension du tapis à l'aide des fixations des roulements.....	18
c. Assemblage du portique avec caméra IA.....	19
d. Assemblage du pupitre de commande et fixation des modules	20
e. Connexion des composants à la carte NEZHA	21
V. Mise en service	22
a. Mise en service de la carte BBC micro:bit et de l'interface NEZHA.....	22
VI. Généralité sur la programmation du convoyeur de tri IA	23
a. Introduction à MakeCode	23
b. Programme de test du convoyeur de tri IA	23
c. Extension pour le convoyeur de tri IA.....	26
d. Points d'attention pour l'utilisation de la caméra IA	31
VII. Activités de programmation du convoyeur de tri.....	32
a. Gérer la vitesse de déplacement du tapis	35
b. Guider les objets avec un servomoteur	37
c. Interagir avec les boutons-poussoirs	38
d. Actionner l'éclairage des LEDs RVB.....	39
e. Afficher des informations sur l'écran OLED	40
f. Détection des couleurs avec la caméra AI Lens	41
g. Apprentissage des objets avec la caméra AI Lens.....	42
h. Programme de tri par couleur des objets	43
i. Programme de tri par forme des objets	45

I. Introduction

Le cœur de ce projet est une maquette fonctionnelle de convoyeur de tri intégrant des technologies d'intelligence artificielle. Son objectif est de simuler un système automatisé capable d'identifier, de trier et de rediriger différents objets en fonction de leurs caractéristiques (forme, couleur, matière, etc.), à l'image des chaînes de tri industrielles.

Le cœur du système repose sur une caméra dotée d'intelligence artificielle, permettant la reconnaissance en temps réel des objets circulant sur le convoyeur. Une fois identifiés, les objets sont automatiquement guidés vers des bacs de réception.

Cette maquette permet d'illustrer les principes fondamentaux de l'automatisation intelligente, tout en offrant une démonstration concrète de l'utilisation de l'IA dans l'industrie 4.0. Elle met en lumière les enjeux de tri sélectif, de gain de productivité et d'optimisation des processus logistiques.



La maquette est conçue pour être robuste : l'utilisation du PVC de 10 mm d'épaisseur garantit sa résistance aux manipulations répétées par les élèves. Le choix du PVC offre un excellent compromis entre légèreté pour le déplacement et longévité pour son usage.

De dimensions compactes (24 cm x 36 cm), la maquette peut facilement être utilisée sur une table d'élève ou sur un îlot sans encombrer l'espace de travail. Elle est adaptée aux activités pratiques en classe, en groupe ou en autonomie, tout en offrant une bonne visibilité des composants pour la compréhension.

La maquette se programme via une carte micro:bit qui, associée à la carte NEZHA et aux modules PlanetX, offrent un environnement modulaire et pédagogique pour le pilotage de capteurs (potentiomètre - boutons poussoirs - caméra IA) et d'actionneurs (motoréducteur 3-6V - servomoteur à 180° - écran OLED - afficheur 8 LED).

La caméra ELECFREAKS AI Lens est le composant central du système de tri. Dans le contexte d'utilisation de ce dossier elle est utilisée pour reconnaître des objets selon leur forme ou selon leur couleur afin de les trier. Son algorithme embarqué d'Intelligence Artificielle permet d'apprendre et de reconnaître jusqu'à 5 objets visuellement différents.



L'atout principal pour cette maquette, réside dans sa simplicité d'utilisation pédagogique : elle embarque un modèle pour la reconnaissance des objets de couleurs différentes ou après un bref apprentissage, elle est capable de reconnaître des objets visuellement différents. Les exemples d'utilisation proposés dans ce documents sont basés sur la reconnaissance de flacons représentant des bouteilles en plastique et des cubes de bois représentant des cartons. La caméra transmet instantanément à la carte micro:bit l'identifiant de l'objet détecté.

Cette information (ID) est ensuite utilisée pour commander le servomoteur et diriger chaque objet vers le bon bac de tri, mais aussi, afficher des informations visuelles sur l'écran OLED ou via les LED RGB. La caméra IA associée à la carte micro:bit, permettent d'automatiser l'ensemble du processus de tri, tout en gardant un code embarqué simple et accessible aux élèves.

La maquette est entièrement programmable via l'environnement MakeCode, avec une approche visuelle et accessible par blocs. Il est également possible de la programmer en Python pour une introduction à la programmation textuelle, et une programmation plus avancée.

II. Contenu des offres

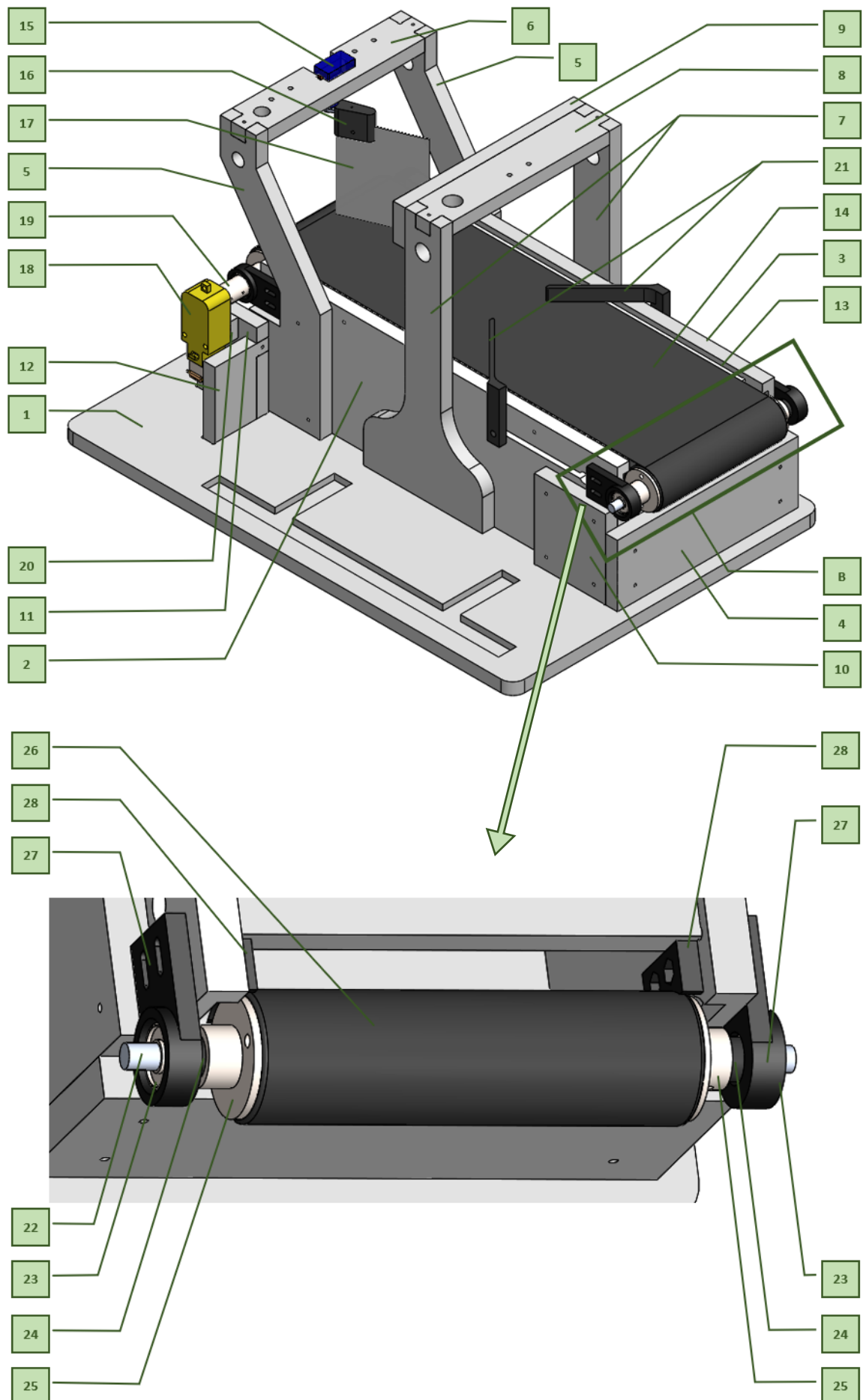
Une maquette riche pour des activités variées (Voir chapitre [VII. Activités de programmation du convoyeur de tri](#) - Page 31).

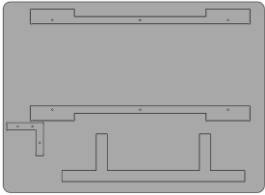
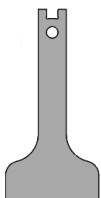
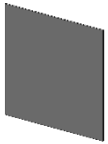
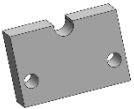
Le convoyeur de tri est proposé en quatre versions :

En kit (réf. BE-CONVO-KIT)		• Convoyeur motorisé, les arches, les guides la palette de tri et son servomoteur et le pupitre de commande (à assembler) • Interface programmable Nezha • Caméra IA Smart Lens Kit • 5 modules PlanetX (Potentiomètre circulaire - Bouton poussoir double - Afficheur OLED - Anneau LED RGB (8 LEDs) – Driver moteur DC) • Câbles RJ11 nécessaires à la connexion des modules • 25 objets à trier
Montée en version de base (réf. BE-CONVO-M)		• Convoyeur motorisé, les arches, les guides la palette de tri et son servomoteur et le pupitre de commande • Interface programmable Nezha • Caméra IA Smart Lens Kit • 5 modules PlanetX (Potentiomètre circulaire - Bouton poussoir double - Afficheur OLED - Anneau LED RGB (8 LEDs) – Driver moteur DC) • Câbles RJ11 nécessaires à la connexion des modules • 25 objets à trier
Partie opérative seule, en kit (réf. BE-CONVO-OP)		• Convoyeur motorisé, les arches et les guides • La palette de tri et son servomoteur • Le pupitre de commande nu (prévu pour accueillir les composants électroniques)
Montée en version pack découverte (réf. KD-CONVO)		• Convoyeur motorisé, les arches, les guides, la palette de tri et son servomoteur et le pupitre de commande • Carte BBC micro:bit • Interface programmable Nezha • Caméra IA Smart Lens Kit • 5 modules PlanetX (Potentiomètre circulaire - Bouton poussoir double - Afficheur OLED - Anneau LED RGB (8 LEDs) – Driver moteur DC) • Câbles RJ11 nécessaires à la connexion des modules • 25 objets à trier • 2 bacs de tri • 2 câbles micro-USB de 1m et 1,80 m (pour la programmation et l'alimentation) • 1 Bloc d'alimentation

III. Nomenclature

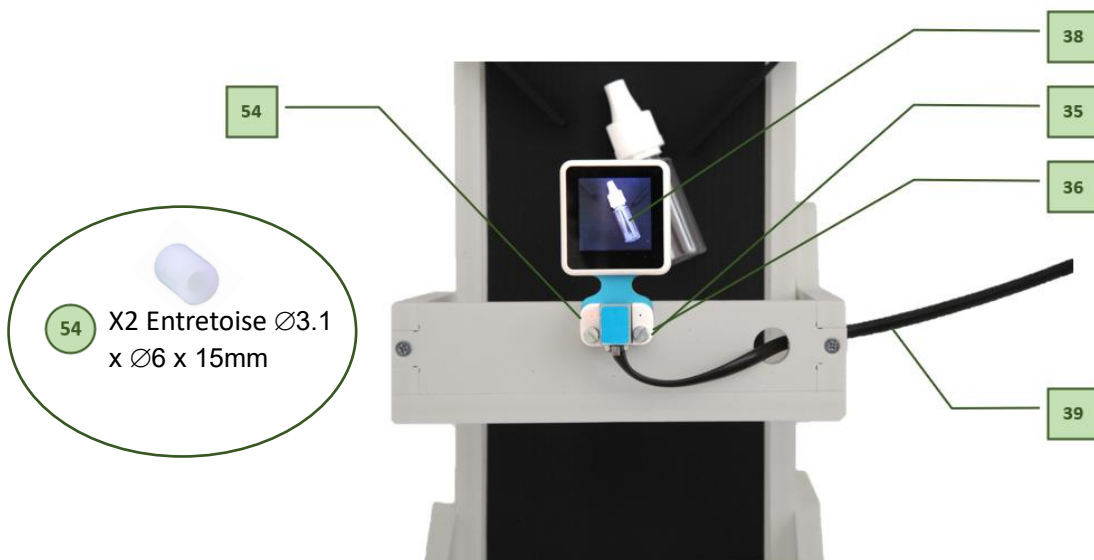
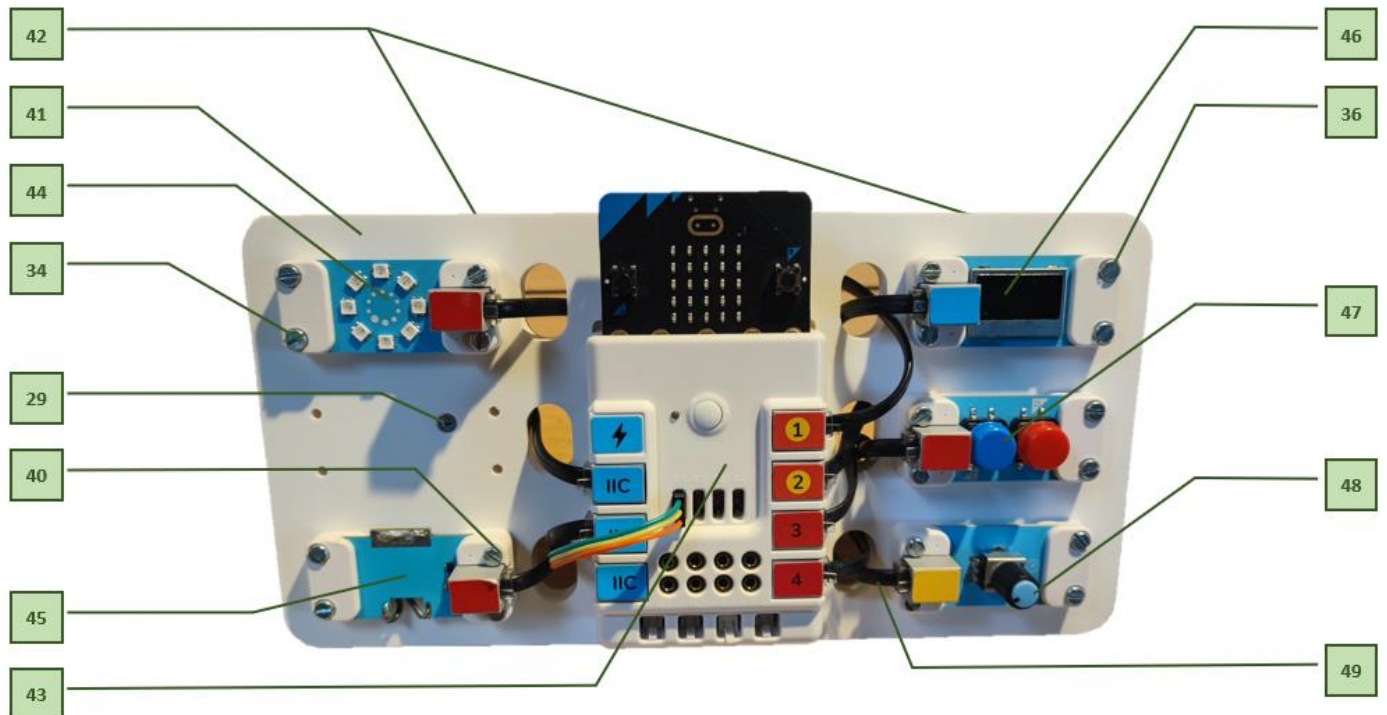
a. Convoyeur

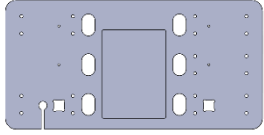
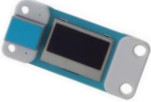


			
1	2	3	4
X1 Base	X1 Face avant	X1 Face arrière	X2 Face côté
			
5	6	7	8
X2 Portique servomoteur	X1 Support servomoteur	X2 Portique caméra	X1 Support caméra
			
9	10	11	12
X1 Equerrage portique caméra	X2 Support rouleau	X1 Support moteur 1	X1 Support moteur 2
			
13	14	15	16
X1 Plateau support tapis	X1 Tapis convoyeur	X1 Servomoteur 180° + accessoires	X1 Support palette de guidage
			
17	18	19	20
X1 Palette de guidage	X1 Motoréducteur 3-6V 1:120	X1 Coupleur d'axe Ø5mm vers Ø6mm	X1 Tampon support motoréducteur

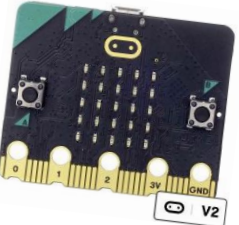
			
21	22	23	24
X2 Guide tapis	X2 Jonc aluminium Ø6mm L165mm	X4 Roulement à bille Ø6mm x 17 x ép. 6mm	X4 Entretoise
			
25	26	27	28
X4 Bague d'arrêt Ø6mm	X2 Rouleau	X4 Support roulement	X4 Fixation support roulement
			
29	30	31	32
X51 Vis tête fraisée Ø3 x 16mm	X2 Vis Nylon M4 x 30mm	X2 Ecou à oreilles Nylon M4	X2 Vis tête cylindrique Ø2 x L6.5mm
			
33	34	35	36
X8 Vis tête cylindrique Ø3 x 9.5mm	X18 Vis tête cylindrique fendue M3 x L20mm	X4 Vis tête cylindrique fendue M3 x L40mm	X32 Ecou acier Hexagonal M3
			
37			
X2 Rondelle acier large Ø3 x 12mm			

b. Pupitre de commande + Caméra IA



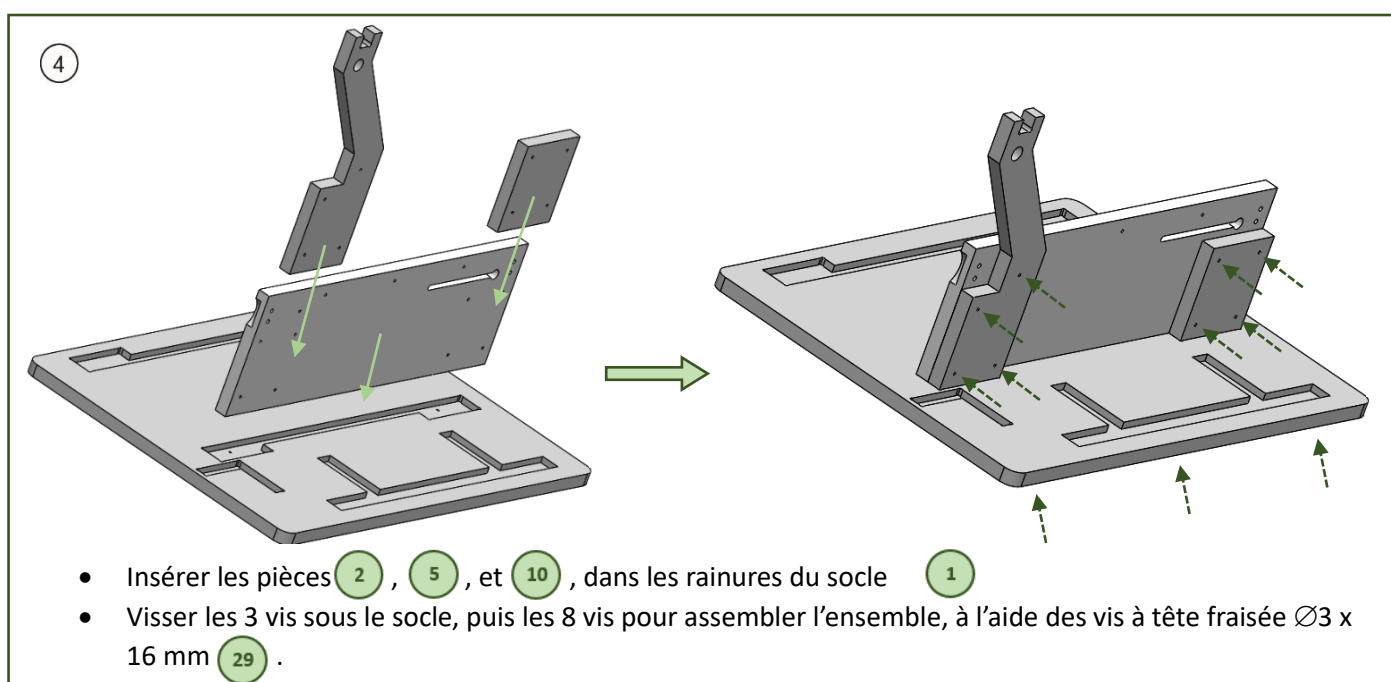
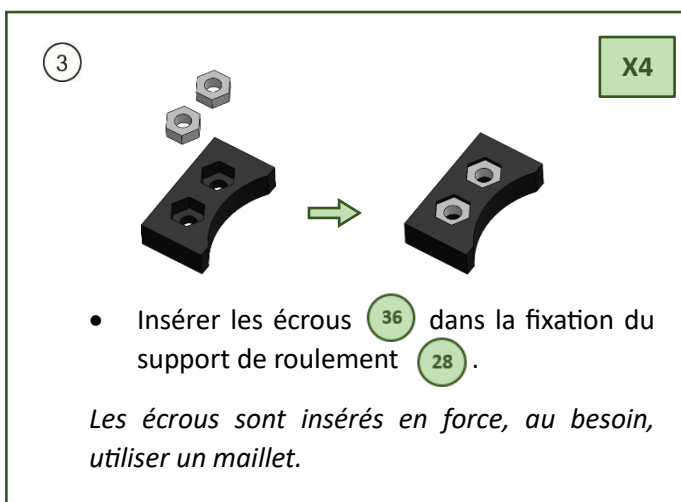
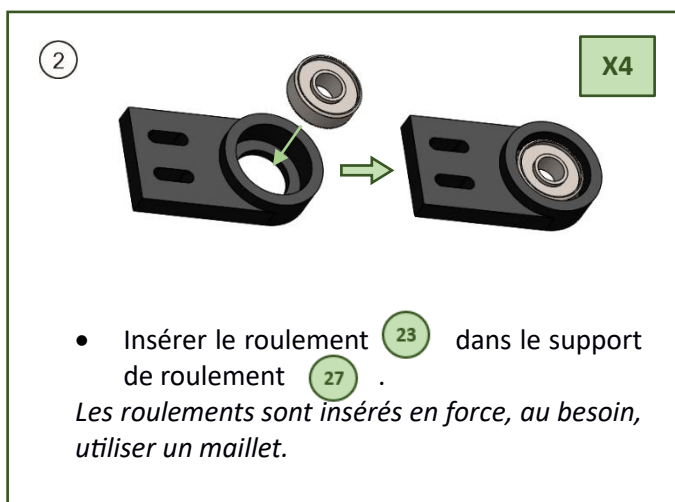
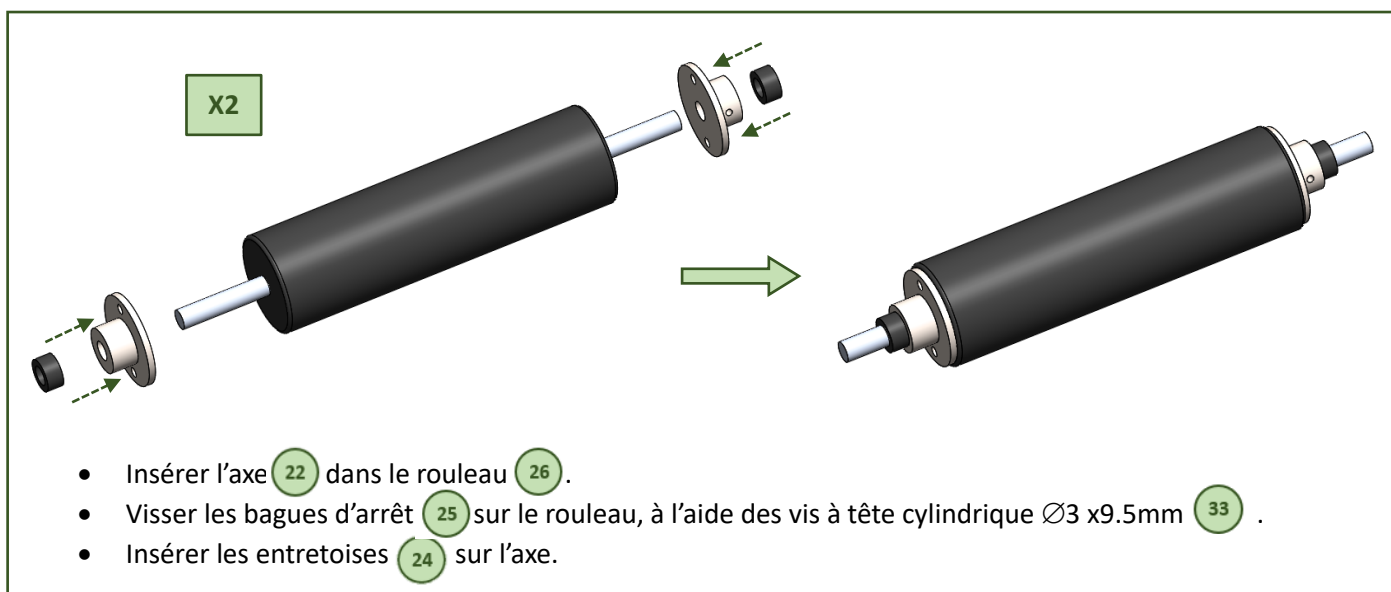
			
38	39	40	41
X1 Caméra AI Lens	X1 Câble RJ11 40cm	X10 Vis tête cylindrique fendue M3 x L25mm	X1 Platine pupitre
			
42	43	44	45
X2 Equerre platine pupitre	X1 Interface programmable NEZHA	X1 Module PlanetX : Anneau 8 LED RGB	X1 Module PlanetX : Driver Moteur DC
			
46	47	48	49
X1 Module PlanetX : Ecran OLED	X1 Module PlanetX : Bouton poussoir double	X1 Module PlanetX : Potentiomètre	X5 Câble RJ11 20cm

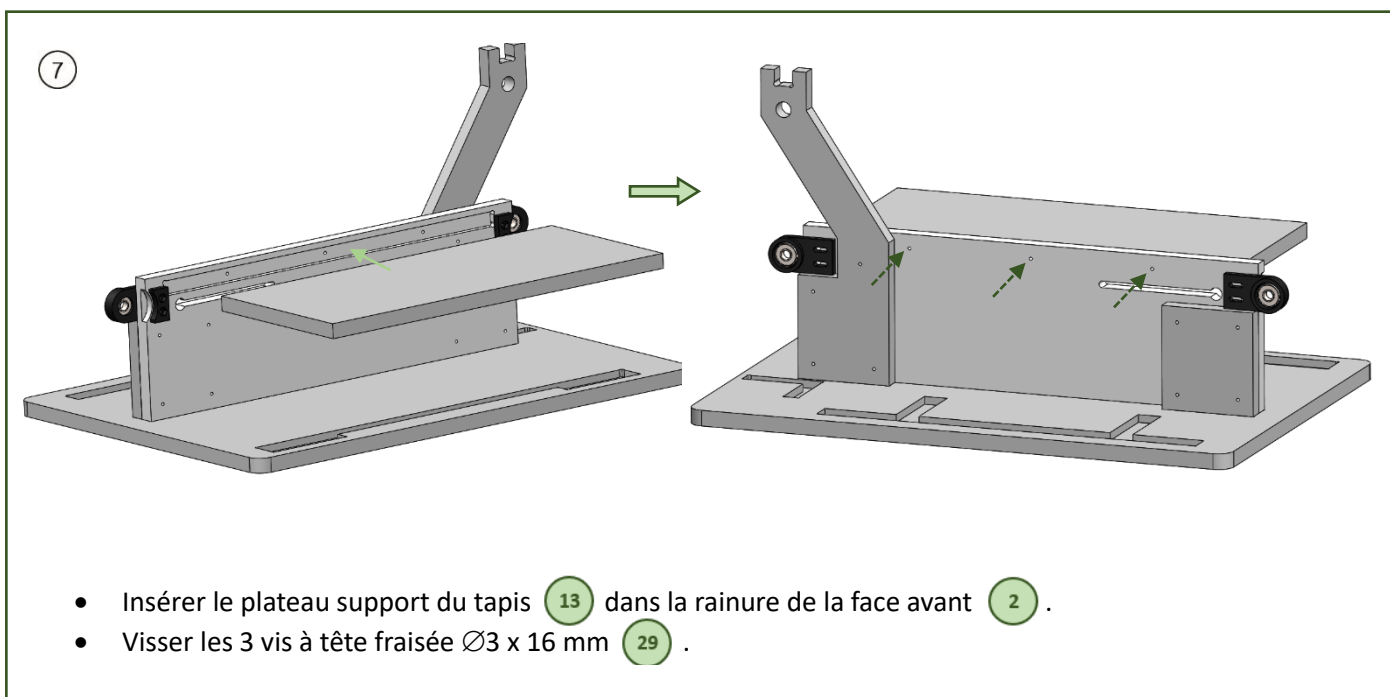
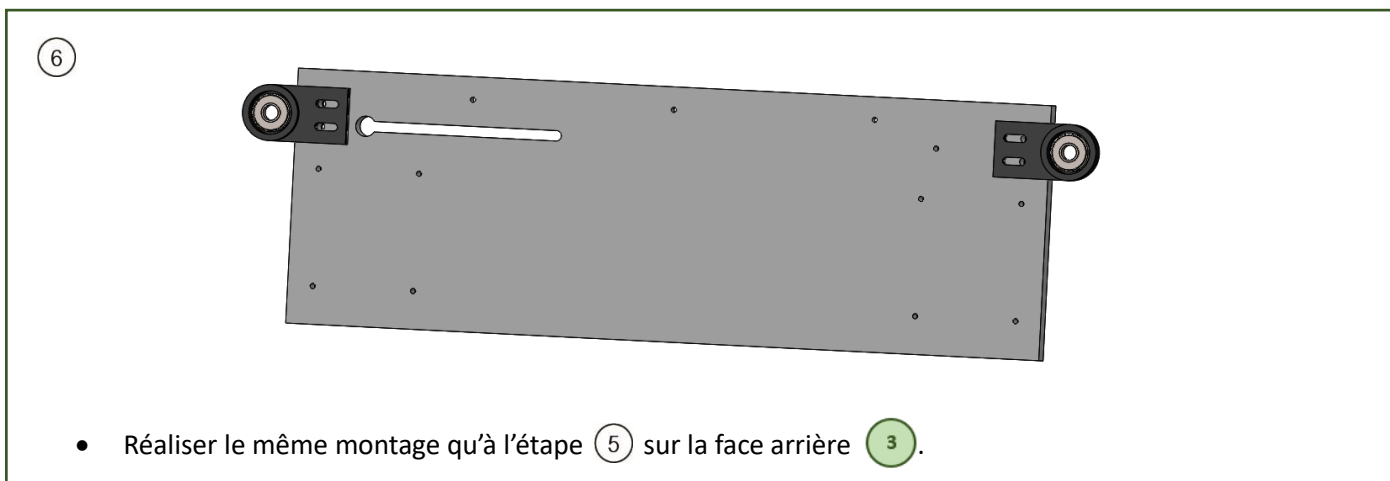
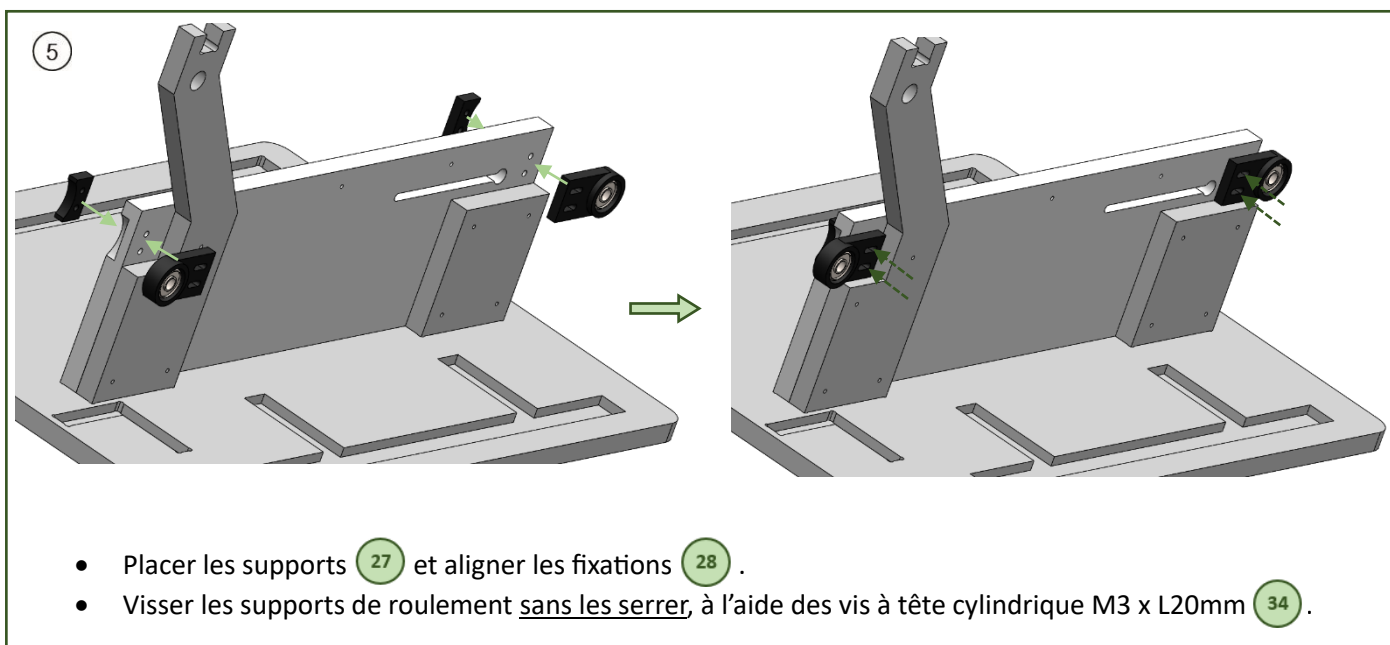
c. Accessoires du convoyeur de tri

			
50	51	52	53
Carte BBC micro:bit (MI-CARTE-V2)	Chargeur USB 5V (V-PSSEUSB35W)	Câble micro-USB 1m et 2m (CABL-MICUSB-1M et CABL-MICUSB-2M)	Lot de 25 objets à trier (BE-CONVO-ACC)

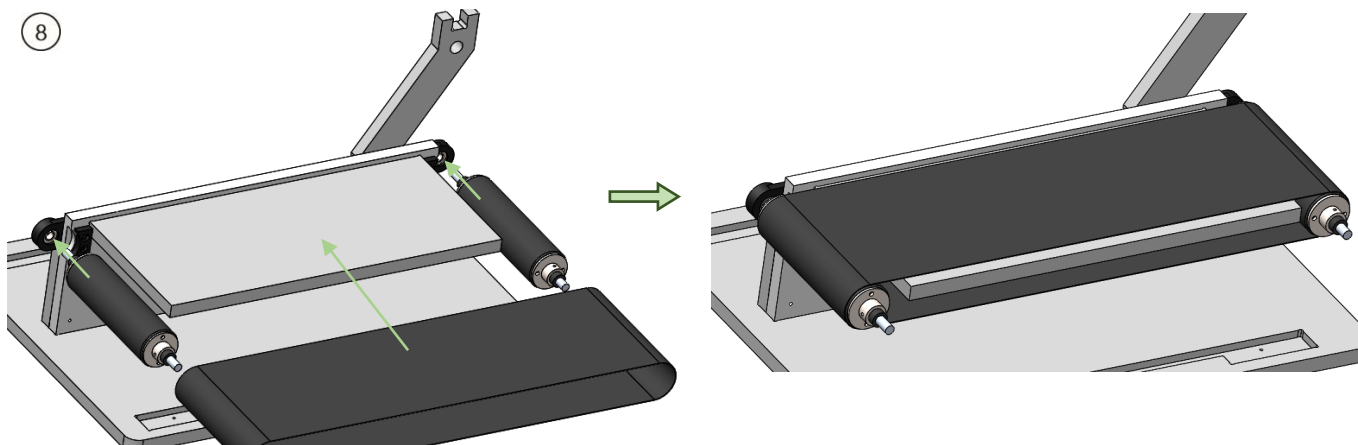
IV. Montage du convoyeur de tri

a. Assemblage de la partie opérative



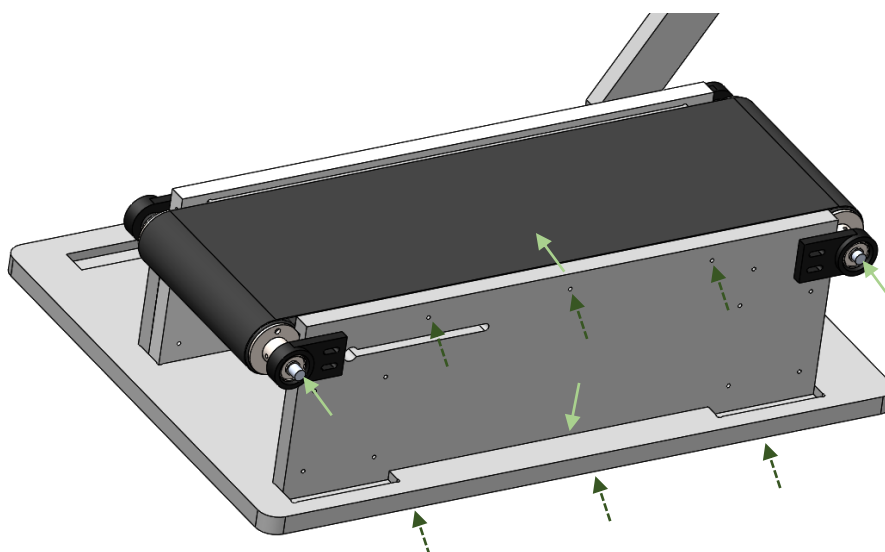


8



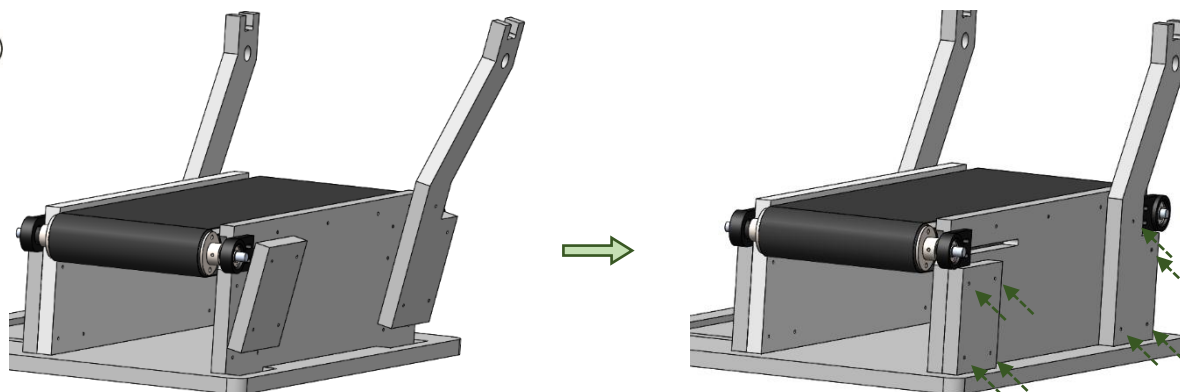
- Insérer les axes des rouleaux assemblés dans les roulements à billes.
- Insérer le tapis de convoyage (14) autour des rouleaux et du support du tapis.

9



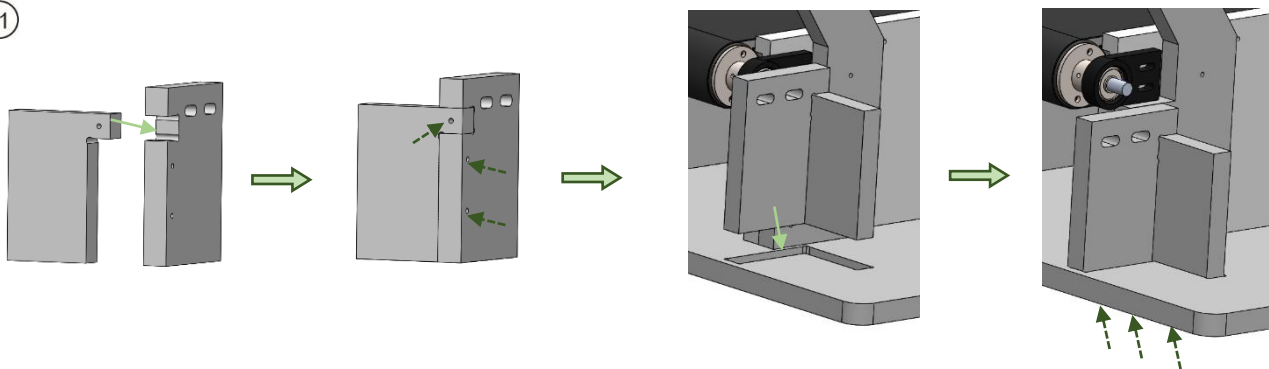
- Insérer les axes des rouleaux assemblés dans les roulements à billes de la face arrière.
- Ajuster la face arrière de façon à insérer le plateau support du tapis dans la rainure de la face arrière.
- Insérer la face arrière dans la rainure du socle.
- Visser les 3 vis à tête fraisée $\varnothing 3 \times 16$ mm (29) au plateau support du tapis.
- Visser les 3 vis à tête fraisée $\varnothing 3 \times 16$ mm (29) à la face arrière sous le socle.

10



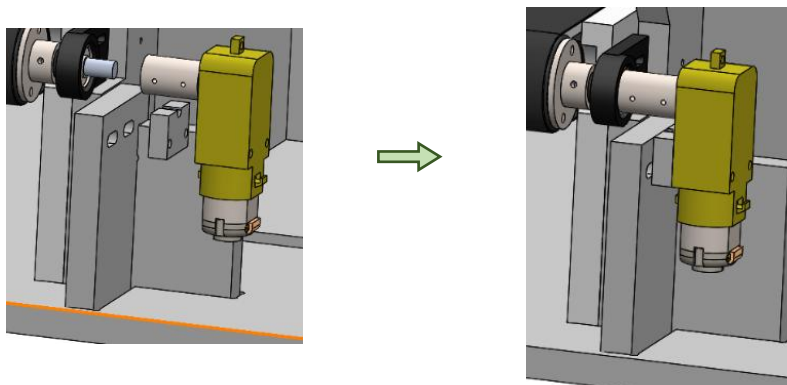
- Ajuster les pièces (5) et (10) de façon à les insérer dans la rainure du socle. *Il est normal de devoir légèrement forcer.*
- Visser les 8 vis à tête fraisée $\varnothing 3 \times 16$ mm (29) à la face arrière.

11

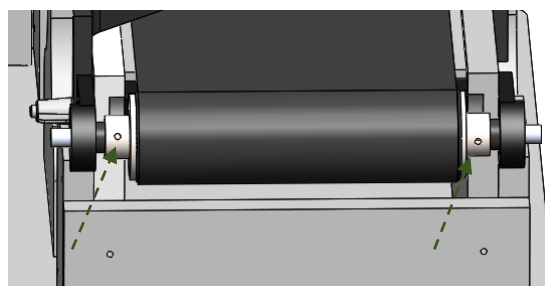
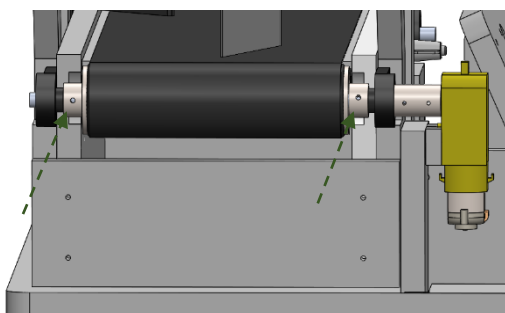


- Assembler les 2 pièces 11 et 12 qui forment le support du moteur.
- Visser les 3 vis à tête fraisée Ø3 x 16 mm 29 pour fixer l'ensemble.
- Visser les 3 vis à tête fraisée Ø3 x 16 mm 29 sous le socle.

12

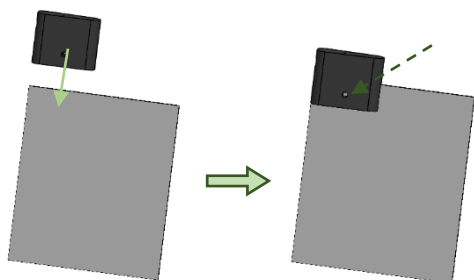


- Ajuster le tampon de support 20 avec le motoréducteur 18 et les vis à tête cylindrique M3 x L40mm 35
- Insérer le coupleur d'axe 19 fixé au motoréducteur sur l'axe 22, puis serrer la vis du coupleur d'axe.
- Visser sans serrer les 2 vis du motoréducteur avec les rondelles Ø3 x 12 mm 37 et les écrous M3 36.



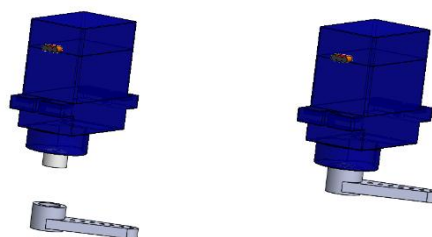
- Côté moteur, visser les vis de maintien des 2 bagues d'arrêt 25 de façon à assembler l'ensemble du rouleau avec l'axe, pour que la rotation du moteur soit transmise au rouleau.
- Côté opposé au moteur, centrer l'axe avant de visser les vis de maintien des 2 bagues d'arrêt.

13



- Ajuster la palette de guidage (17) avec le support (16) .
- Visser avec une vis à tête cylindrique $\varnothing 2 \times 6.5 \text{ mm}$ (32) .

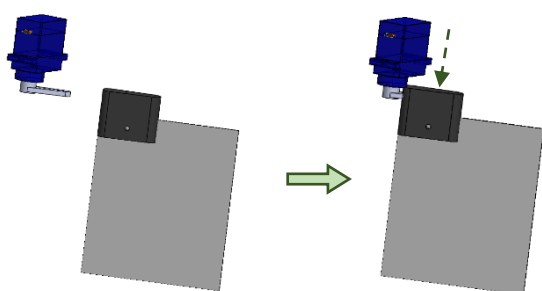
14



- Fixer l'accessoire du servomoteur sur le servomoteur (15) avec la vis fournie.

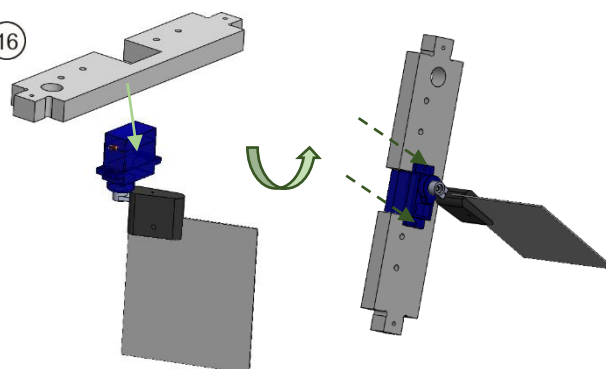
Note : Il faudra ajuster l'accessoire après avoir programmé une consigne d'angle ([Chapitre VI.b à l'étape 12](#)) .

15



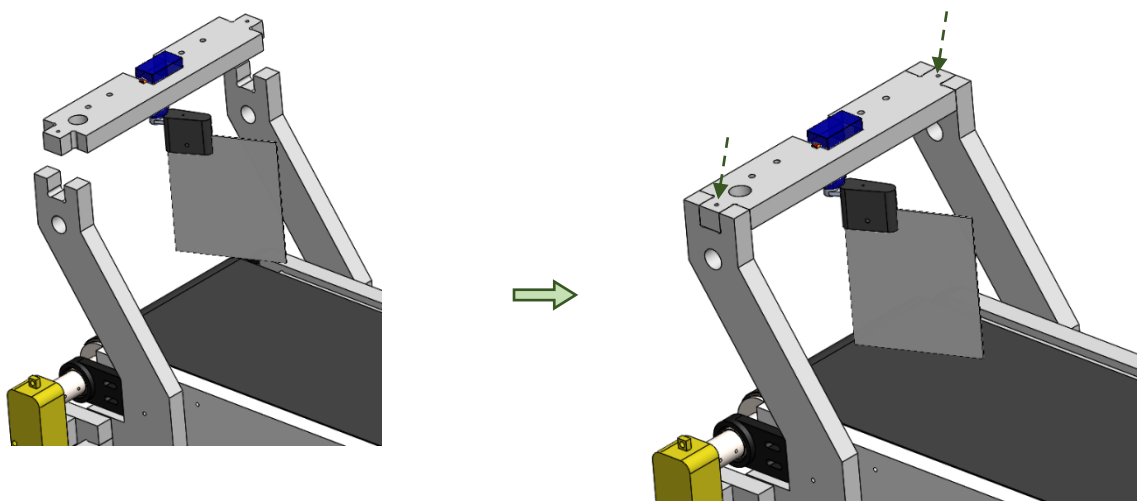
- Insérer la palette de guidage avec son support sur l'accessoire du servomoteur.
- Visser avec une vis à tête cylindrique $\varnothing 2 \times 6.5 \text{ mm}$ (32) .

16

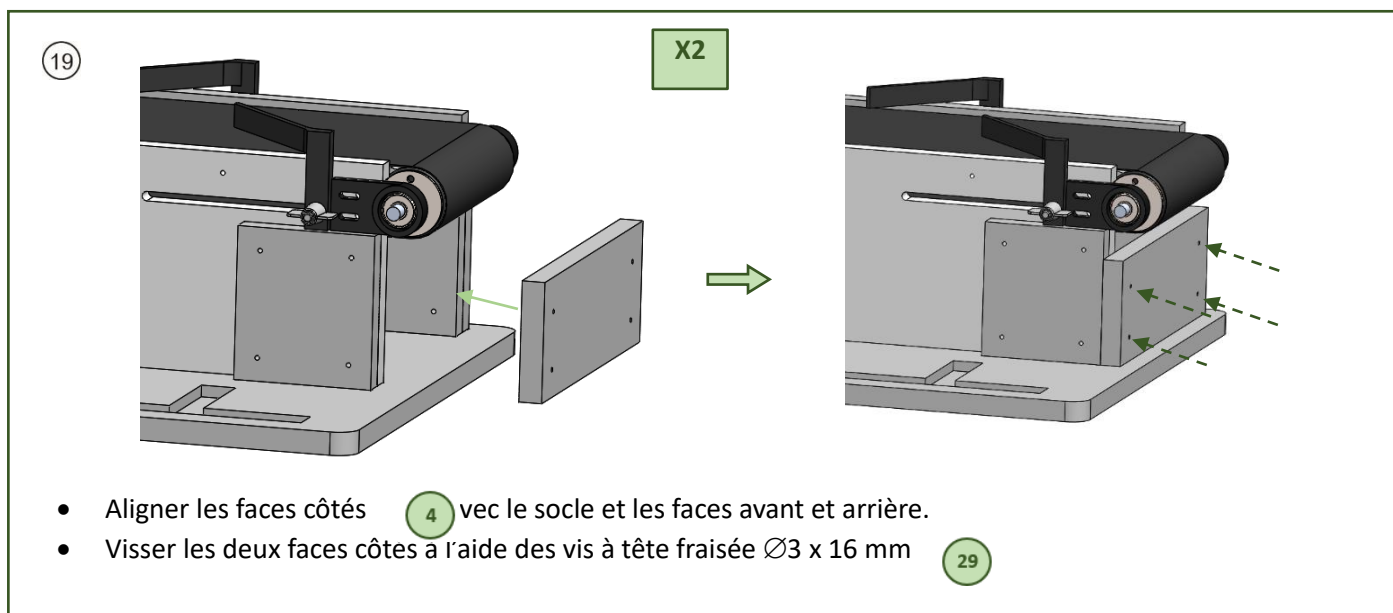
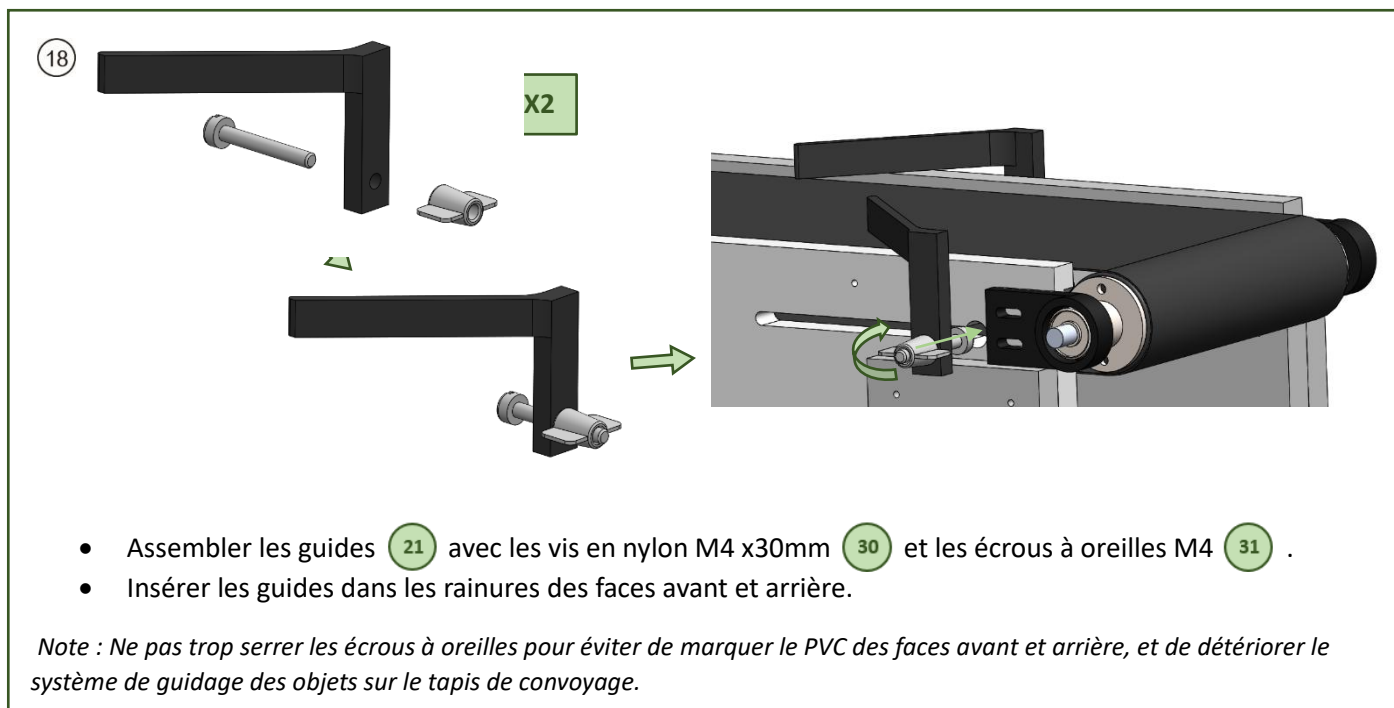


- Insérer le servomoteur dans le support (6) .
- Attention au sens du servomoteur !
- Visser avec les vis fournies.

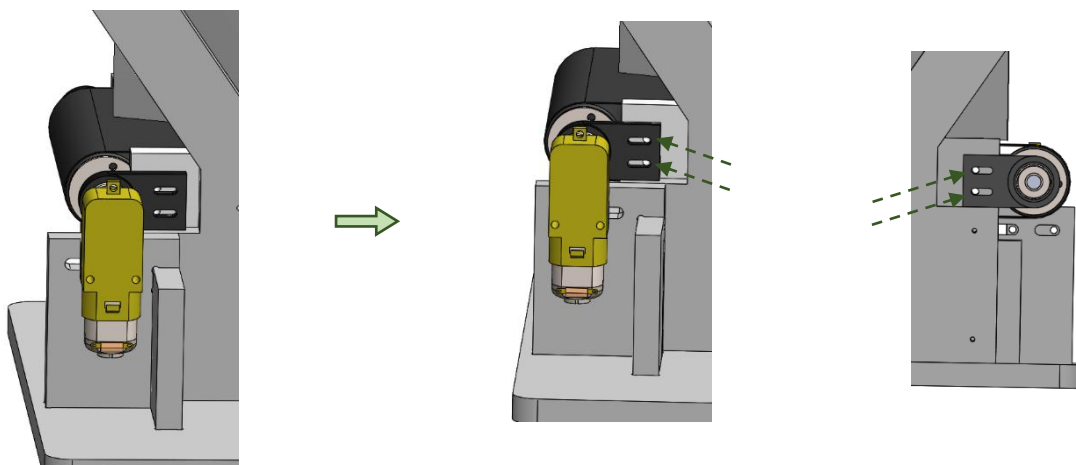
17



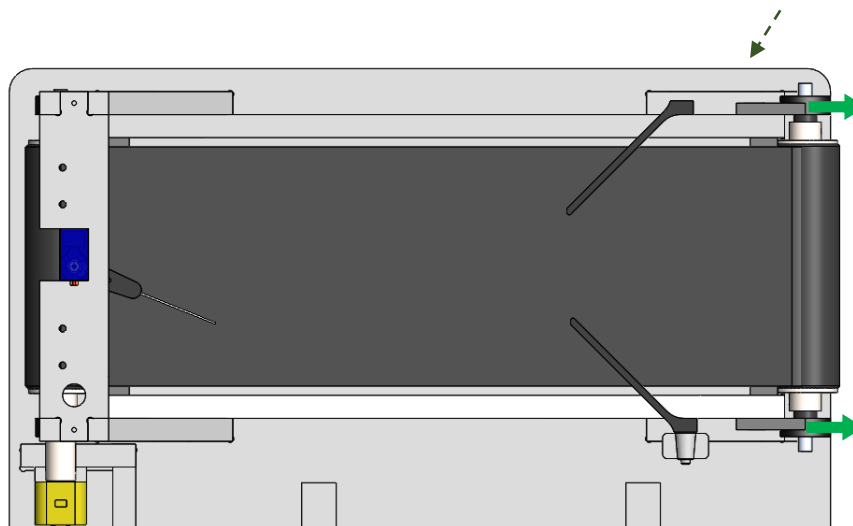
- Insérer le support du servomoteur sur le portique.
- Visser les 2 vis à tête fraisée $\varnothing 3 \times 16 \text{ mm}$ (29) pour fixer l'ensemble du portique de guidage.



b. Réglage de la tension du tapis à l'aide des fixations des roulements

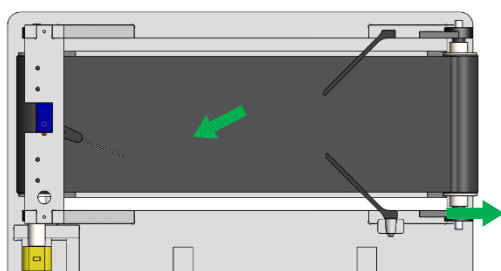


- Tendre au maximum les supports des roulements **côté moteur** puis les serrer.
- Aligner visuellement le moteur avec le rouleau et son axe. Le serrage des vis du moteur se fera après la mise en fonctionnement de celui-ci, après la phase de tests ([Chapitre VI.b à l'étape 12](#)).

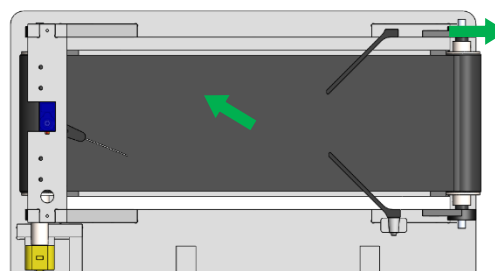


- Tendre les supports des roulements côté opposé au moteur en appliquant un effort léger. Le tapis doit être tendu sans se déformer. Serrer les vis.

Note : Il faut garder les 2 rouleaux les plus parallèles possibles, pour que le tapis ne dévie pas. Cette opération nécessite souvent un réglage qu'il faudra faire lors de la phase de tests ([Chapitre VI.b à l'étape 12](#)).



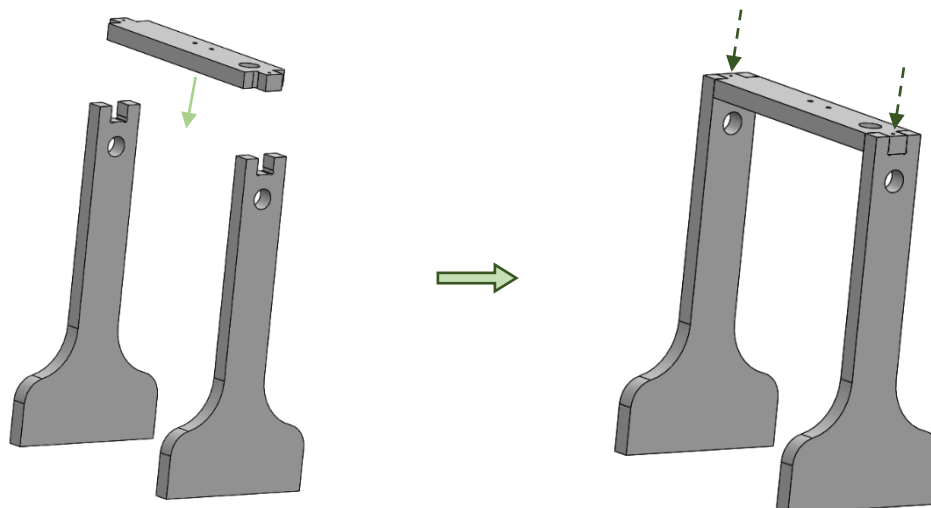
Si le tapis dévie vers la gauche, il faut tendre davantage le support de roulement du côté gauche.



Si le tapis dévie vers la droite, il faut tendre davantage le support de roulement du côté droit.

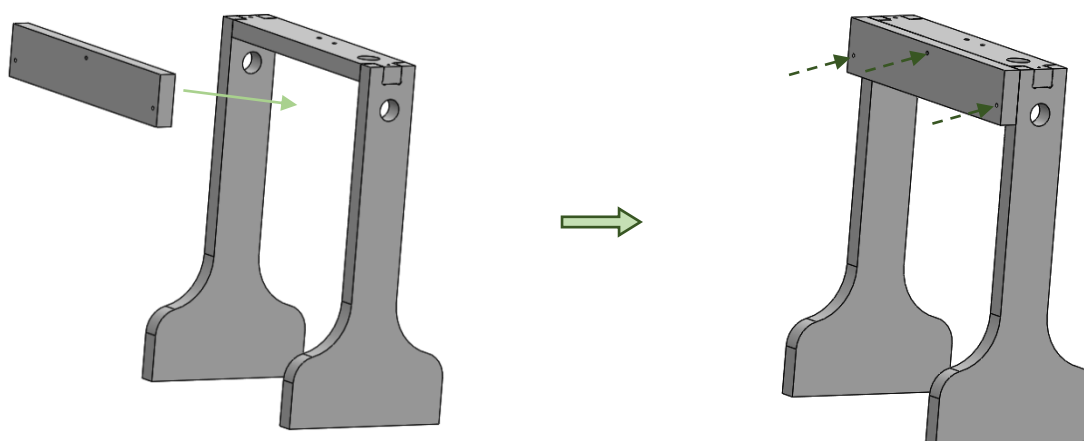
c. Assemblage du portique avec caméra IA

(20)



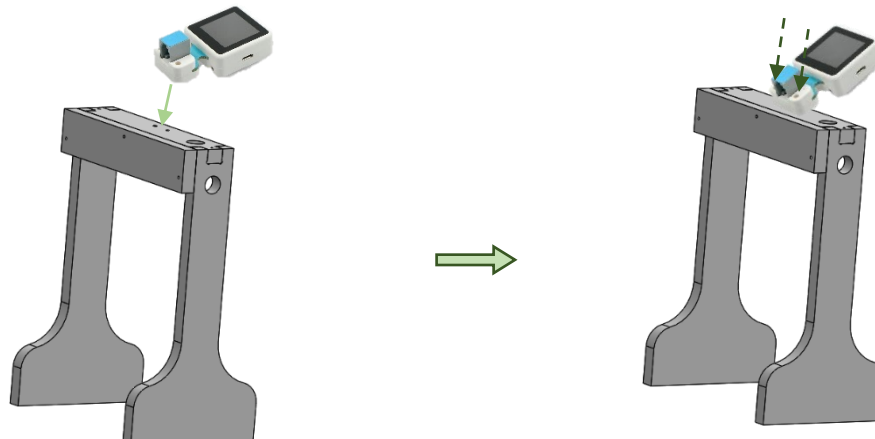
- Assembler les portiques IA (7) avec le support de la caméra (8).
- Visser l'ensemble à l'aide des vis à tête fraisée Ø3 x 16 mm (29).

(21)



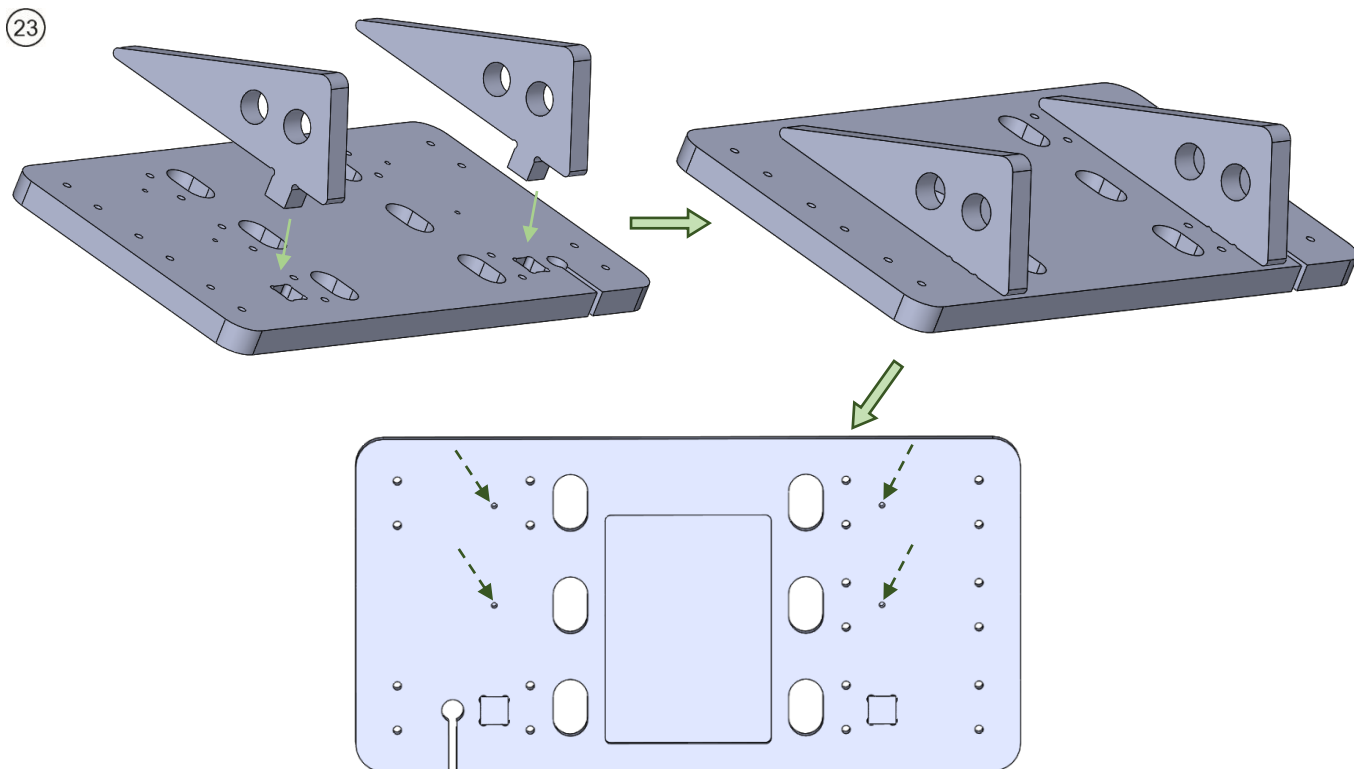
- Aligner la plaque d'équerrage (9) avec le portique de la caméra IA.
- Visser l'ensemble à l'aide des vis à tête fraisée Ø3 x 16 mm (29).

(22)

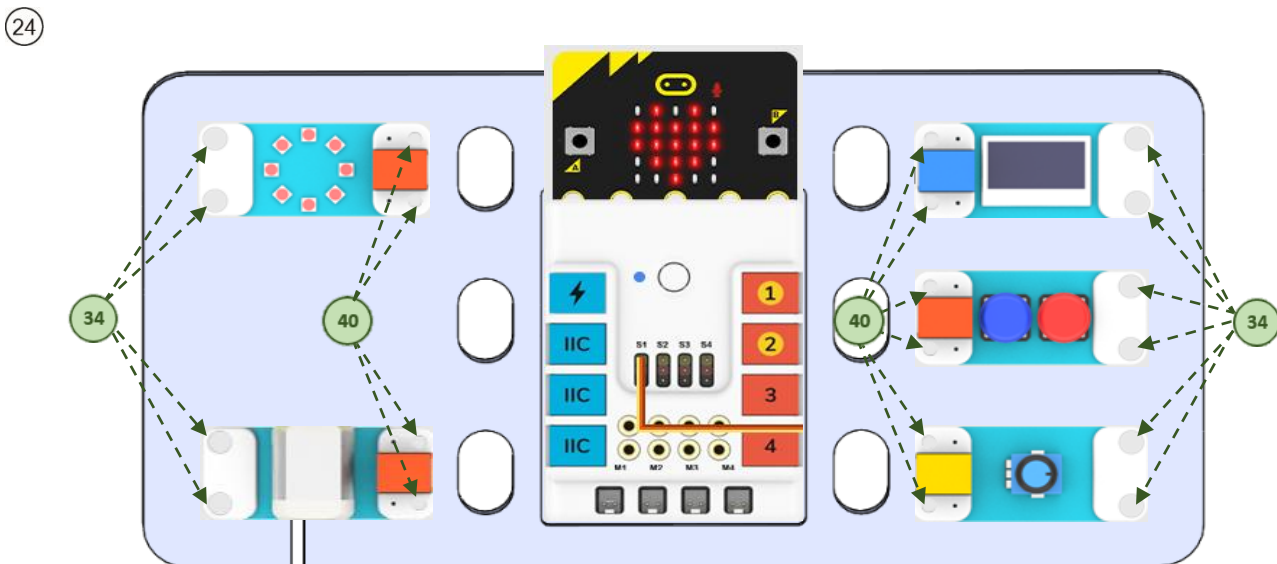


- Aligner la caméra IA (38) avec les deux vis à tête cylindrique M3 x L25mm (40) au support du portique.
- Placer les entretoises Ø3.1 x Ø6 x 15mm (54) entre la caméra et le portique.
- Visser les vis sur les écrous M3 (36).

d. Assemblage du pupitre de commande et fixation des modules



- Assembler les équerres (42) avec la platine support de la carte NEZAH (41).
- Retourner le pupitre avant de visser les équerres.
- Visser l'ensemble à l'aide des vis à tête fraisée Ø3 x 16 mm (29).

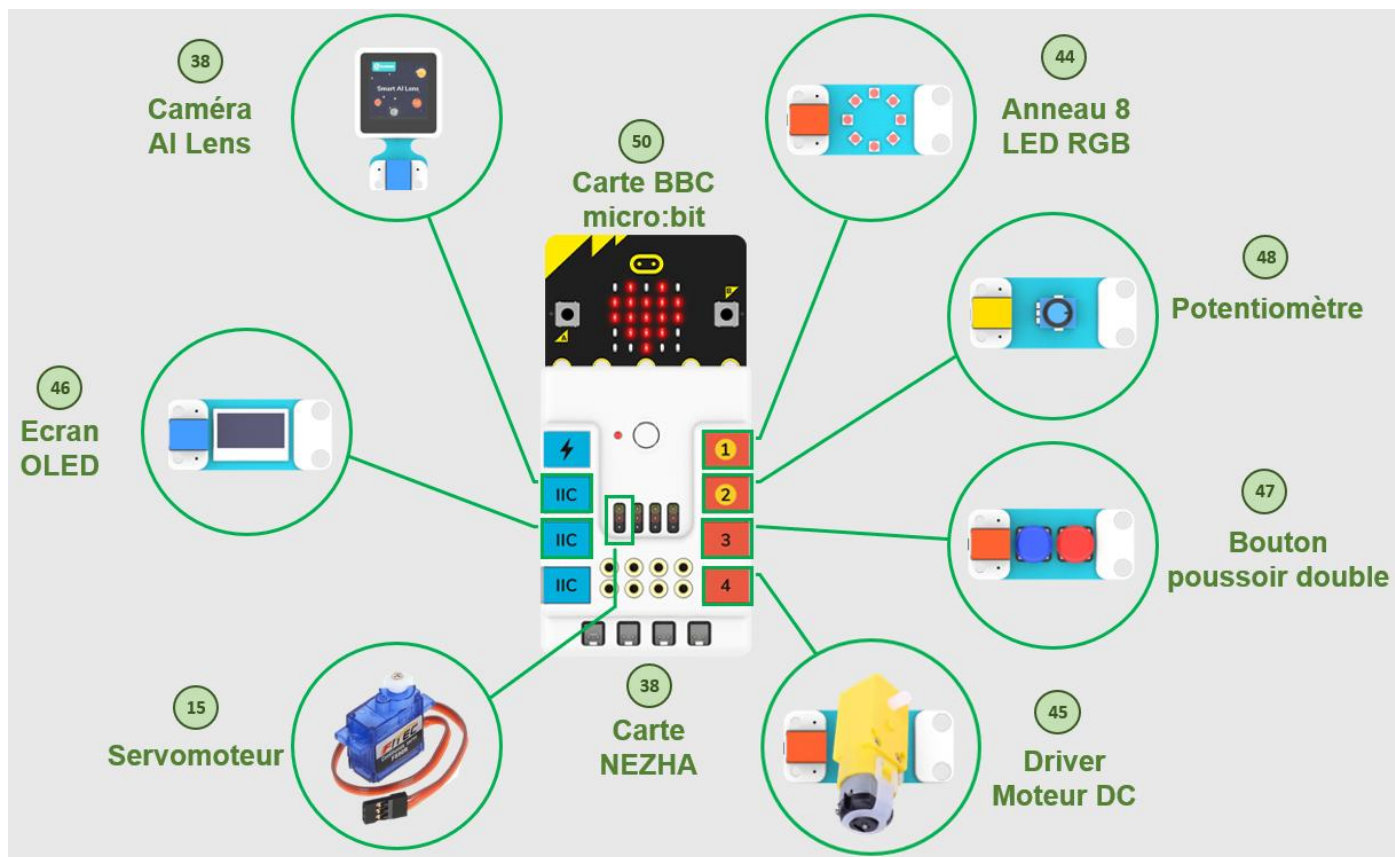


- Coller la carte NEZHA (43) sur la platine (41) à l'aide des pastilles autocollantes.
- Fixer les modules PlanetX sur la platine à l'aide des vis à tête cylindrique M3 x L20mm (34) et des vis à tête cylindrique M3 x L25mm (40), et des écrous (36).

e. Connexion des composants à la carte NEZHA

Connecter les composants selon le schéma ci-dessous :

- Utiliser le câble **39** de 40 cm pour la caméra IA.
- Utiliser les câbles **49** de 20 cm pour les 5 modules PlanetX.
- Relier le connecteur du servomoteur sur le port « S1 » de la carte NEZHA, bien respecter les couleurs des fils.

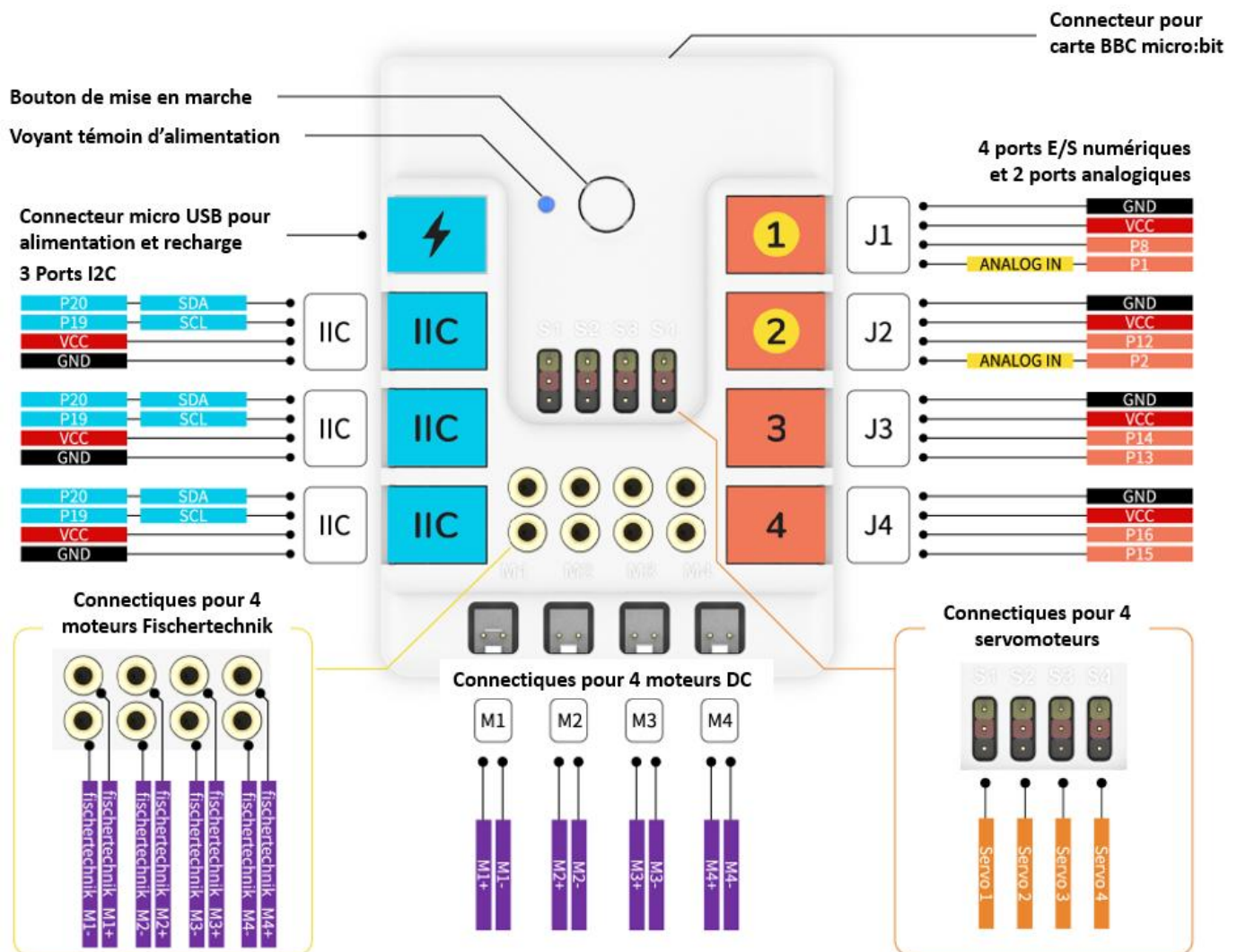


V. Mise en service

a. Mise en service de la carte BBC micro:bit et de l'interface NEZHA

Nezha est une carte d'extension pour la carte BBC micro:bit offrant de multiples fonctions. Elle est équipée de quatre connexions pour servomoteurs, quatre pour moteurs et sept pour des capteurs et actionneurs. Les connexions sont assurées par des connecteurs RJ11 fiables et faciles à brancher.

L'interface NEZHA est équipée d'une batterie lithium, pour alimenter la carte BBC micro:bit ainsi que les différents modules connectés. Elle est dotée d'un connecteur micro-USB, pour l'alimentation ou la recharge de la batterie. Elle peut se brancher sur un ordinateur ou sur un chargeur USB 5V (Réf [V-PSSEUSB35W](#)).



L'interface NEZHA n'est pas une carte de programmation. La programmation s'effectue sur la carte BBC micro:bit, via l'interface Web « MakeCode » (<https://makecode.microbit.org/#editor>).

Pour la programmation, la carte BBC micro:bit doit être branchée sur le port USB d'un ordinateur. Il n'est pas obligatoire de la connecter à l'interface NEZHA pour la programmer.

Une fois le programme téléversé dans la carte BBC micro:bit (*chapitre VI.b.*), la connexion à l'ordinateur n'est plus indispensable. Une fois connectée à l'interface NEZHA, la carte BBC micro:bit va lancer le programme dès la mise en marche de la NEZHA.

VI. Généralité sur la programmation du convoyeur de tri IA

a. Introduction à MakeCode

La programmation de la carte BBC micro:bit se fait principalement via MakeCode, un environnement de développement en ligne gratuit proposé par Microsoft.

MakeCode fonctionne avec des blocs visuels (type Scratch), ce qui le rend accessible aux débutants. Il permet également de passer en mode JavaScript ou Python pour aller plus loin.

MakeCode inclut les blocs de commande dans des extensions. Nous avons réalisé une extension spéciale pour programmer le convoyeur, qui contient uniquement les blocs utiles au fonctionnement décrit dans ce dossier. Cette extension se nomme a4_BE_CONVO. L'ajout de cette extension est expliqué au point c de ce chapitre.

Il est possible de sauvegarder ses projets sur son ordinateur ou de les téléverser directement sur la carte BBC micro:bit.

b. Programme de test du convoyeur de tri IA

Après l'assemblage et les connexions de la maquette du convoyeur de tri IA, vérifier le bon fonctionnement et les bons branchements de celle-ci en téléversant le programme de test « **BE-CONVO-PROG-EXTA4-TEST** »

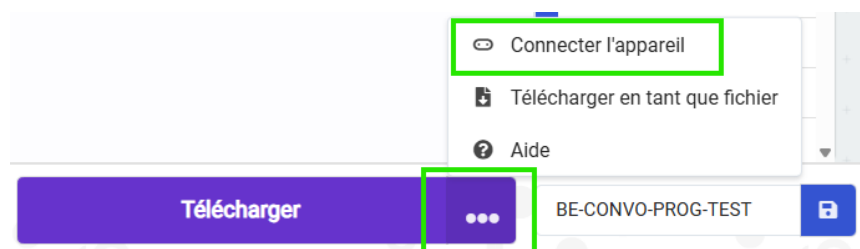
Ce fichier est disponible dans les ressources du projet sur www.a4.fr

Procédure de téléversement sur la carte BBC micro:bit avec MakeCode :

1. Lance la page <https://makecode.microbit.org/> depuis le navigateur Internet
2. Brancher la carte BBC micro:bit au câble microUSB
3. Brancher le câble USB sur un ordinateur
4. Cliquer sur « Importer »
5. Charger le fichier BE-CONVO-PROG-EXTA4-TEST.hex (téléchargés sur le site www.a4.fr)
6. Cliquer sur **les 3 points** en bas à gauche, puis sur « **Connecter l'appareil** ».

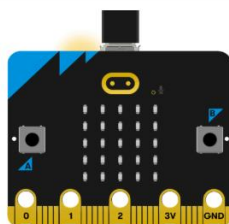


Importer



7. Cliquer sur le bouton « **Suivant** ».

1. Connectez votre micro:bit à votre ordinateur



Suivant

8. Cliquer sur le bouton « **Associer** ».

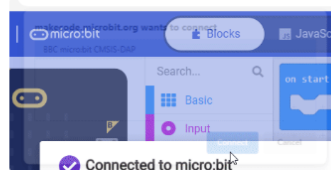
2. Associer votre micro:bit à votre navigateur



Appuyez sur le bouton Pair ci-dessous.

Une fenêtre apparaîtra en haut de votre navigateur.

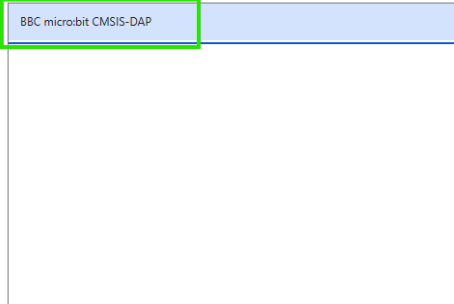
Sélectionnez l'appareil micro:bit et cliquez sur Connecter.



Associer

9. Cliquer sur la carte BBC micro:bit connectée, puis sur le bouton « **Connexion** ».

makecode.microbit.org tente de se connecter



Connexion

Annuler

10. Cliquer sur le bouton « **Terminé** ».

✓ Connecté à micro:bit



Votre micro:bit est connecté! Appuyer sur 'Télécharger' va maintenant copier automatiquement votre code dans votre micro:bit.



Terminé

Note : Si la connexion échoue, il faut se référer à la procédure suivante :

<https://makecode.microbit.org/device/usb/webusb>.

11. Cliquer sur le bouton « **Télécharger** ».



Note : Lorsque le logo « micro:bit » est présent sur le bouton « Télécharger », cela signifie que la carte est bien connectée et que le programme va se téléverser dans la mémoire de la carte.

12. Le programme se lance vous pouvez vérifier les étapes suivantes et finaliser le montage :

Tests	Résultats
1. Appuyer sur le logo tactile de la BBC micro:bit.	Le module anneau de 8 LED joue un effet lumineux.
2. Placer une carte ou un objet bleu ou vert sous la caméra.	L'écran OLED affiche « Bleu ! » ou « Vert ! ».
3. Appuyer sur le bouton « C » (bouton bleu) du module bouton-poussoir double.	Le moteur tourne à sa vitesse maximale et actionne le tapis de convoyage.
4. Appuyer sur le bouton « D » (bouton rouge) du module bouton-poussoir double. <u>Finaliser l'assemblage du moteur et le réglage de la tension du tapis du convoyeur (Chapitre III.b. Réglage de la tension du tapis).</u>	Le moteur s'arrête et arrête le tapis de convoyage.
5. Basculer le potentiomètre d'un côté à l'autre. <u>Finaliser le réglage de la palette de guidage pour obtenir les bonnes positions par rapport au convoyeur (Chapitre III.a. à l'étape 14)</u>	Le servomoteur se positionne dans une plage d'angle de 40° à 160° correspondant aux positions de la palette pour le guidage des objets.

L'ensemble des ressources utiles sur la carte BBC micro:bit est disponible sur notre site Internet :

<https://www.a4.fr/wiki/index.php?title=Microbit>.

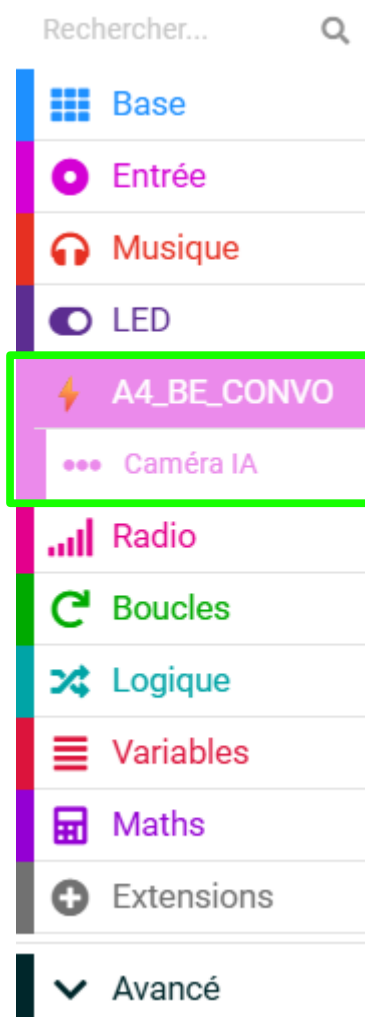
c. Extension pour le convoyeur de tri IA

Pour programmer la maquette, il faut ajouter l'extension a4_BE_CONVO.



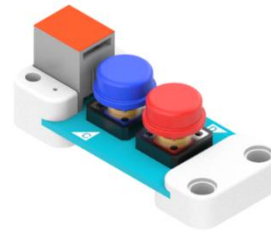
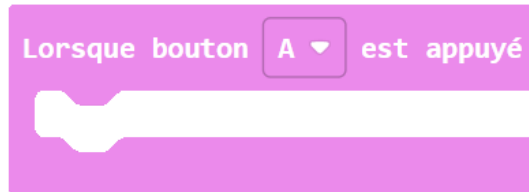
Sur MakeCode, sélectionner « extensions », puis rechercher l'extension ci-dessus en utilisant le mot clé : « a4 BE CONVO ». Ou copier le lien du dépôt Github suivant :

https://github.com/A4-TECHNOLOGIE/a4_BE_CONVO



Des nouvelles catégories de blocs apparaissent dans MakeCode. Les blocs utiles pour le convoyeur de tri IA sont décrits dans le tableau ci-dessous.

Module bouton-poussoir double



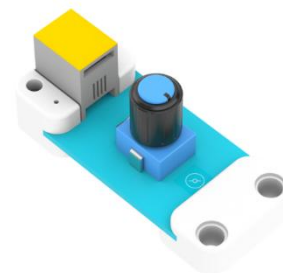
Ce bloc permet de surveiller l'appui sur un bouton pour déclencher une instruction. Le paramètre permet de sélectionner les boutons « A » et « B » de la carte micro:bit, ainsi que les boutons « C » et « D » du module PlanetX.



Ce bloc permet d'obtenir l'état du bouton (appuyé ou non) lors d'un test logique.

Module potentiomètre

Valeur potentiomètre en pourcentage



Ce bloc permet d'obtenir une valeur (entre 0 et 100%) qui correspond à la position angulaire du potentiomètre.

Module moteur à courant continu

Activer le moteur à la vitesse 50



Ce bloc permet d'activer le moteur et de contrôler sa vitesse de rotation. Le paramètre permet de définir la vitesse de rotation à l'aide d'un curseur entre 0 et 100%.

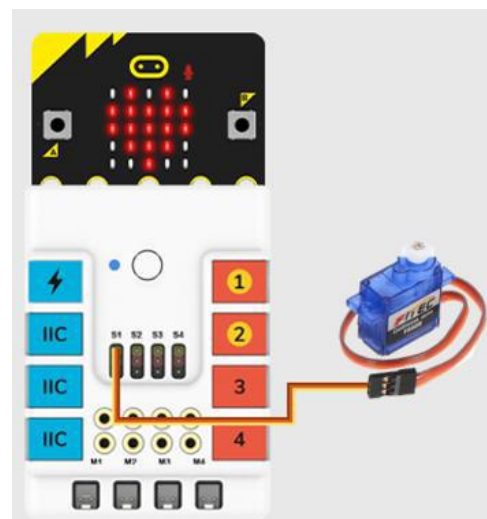
Arrêter le moteur

Ce bloc permet d'arrêter le moteur.

Servomoteur sur la carte Nehza

Fixe l'angle du servo à 0°

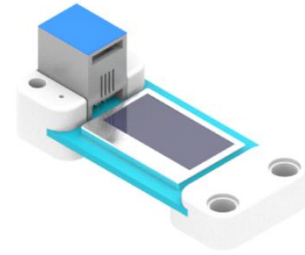
Ce bloc permet de définir la position du servomoteur entre 0 et 180°.



Module écran OLED

Effacer l'écran

Ce bloc permet d'effacer l'ensemble de l'écran. Il est indispensable d'utiliser ce bloc avant d'afficher de nouveaux caractères.



Afficher nombre 20200507 ligne 2

Ce bloc permet d'afficher un nombre sur l'une des 8 lignes.

Afficher texte "Hello world !" ligne 1

Ce bloc permet d'afficher un texte sur l'une des 8 lignes.

Module anneau 8 LED RGB

Allumer anneau en rouge 255 vert 255 bleu 255

Ce bloc permet d'allumer les LED en choisissant la quantité de rouge / vert / bleu ajoutée (valeurs codées sur un octet, soit une valeur entre 0 et 255).



Allumer 1'anneau en rouge ▼

Ce bloc permet d'allumer les LED de l'anneau dans différentes couleurs prédéfinies.

Eteindre l'anneau

Ce bloc permet d'éteindre les LED.

Caméra AI Lens

Initialiser AI-Lens

Ce bloc permet d'initialiser la caméra, il doit être utilisé au démarrage du programme pour utiliser les instructions des fonctionnalités de celle-ci.



Définir caméra en Reconnaissance de couleur ▼

Ce bloc permet de sélectionner le mode de fonctionnement de la caméra IA. Celle-ci possède des modèles pré-enregistrés ainsi qu'un mode d'apprentissage de reconnaissance d'objet.

Obtenir une image de AI-Lens

Ce bloc permet de prendre une photo pour récupérer les données de l'image.

Apprendre un objet avec : ID1 ▼

Ce bloc permet d'apprendre les caractéristiques de l'image dans la photo actuelle, puis de les enregistrer sous un des 5 identifiants possibles.

Effacer objets appris

Ce bloc permet d'effacer de la mémoire de caméra, tous les objets appris.

Image contient des objets appris : ID1 ▼

Ce bloc permet de tester la reconnaissance d'un objet dans l'image actuelle.

Niveau de confiance de l'objet ID1 ▼ appris

Ce bloc renvoie le taux de confiance de l'objet en pourcentage dans l'image actuelle par rapport aux caractéristiques des objets appris.

d. Points d'attention pour l'utilisation de la caméra IA

Le bon fonctionnement des programmes destinés à réaliser le tri d'objets nécessite de tenir compte de caractéristiques techniques du convoyeur et des différents modules capteurs et actionneurs.

Apprentissage des objets à détecter

L'apprentissage d'un objet à détecter est optimum lorsque celui-ci s'inscrit entièrement dans la zone de détection qui apparaît sur l'écran de la caméra.

Les ombres, les lumières incidentes ou les reflets pénalisent l'apprentissage et la détection des objets. Il est important de disposer le convoyeur de tri dans une ambiance lumineuse neutre en évitant les perturbations possibles de lumières rasantes ou scintillantes qui risquent d'éblouir le capteur de la caméra. Il est recommandé de réaliser les essais dans un environnement bien éclairé et stable, afin de garantir des résultats reproductibles.

Vitesse d'exécution des instructions

La performance de reconnaissance des objets en mouvement sous la caméra IA est liée à la vitesse de déplacement du tapis du convoyeur et la vitesse d'exécution des instructions qui constituent le programme.

Il est important de noter que l'affichage de données sur la matrice LED ou sur l'afficher OLED monopolisent les ressources de la carte micro:bit pendant une durée qui peut pénaliser la fiabilité de détection des objets par la caméra.

Une boucle de traitement trop longue peut entraîner une perte d'information si la caméra n'a pas le temps d'analyser correctement chaque image. Il faut donc trouver un équilibre entre la rapidité du tapis, la fréquence de détection et la simplicité du code.

Espacement des objets sur le tapis

Le bon déroulement du tri dépend aussi du positionnement des objets. Si deux objets sont trop proches, la caméra peut confondre les détections successives. Pour une reconnaissance fiable, il est conseillé de placer un seul objet à la fois sur le tapis roulant.

Objets visuellement similaires

Deux objets présentant des couleurs proches ou des reflets similaires peuvent être mal différenciés. Ce type d'erreur illustre bien les limites de l'intelligence artificielle embarquée, qui repose sur la qualité des données d'apprentissage et sur la capacité du capteur à distinguer les nuances.

Performances et limites de la caméra AI Lens

La caméra AI Lens offre une excellente introduction à la vision artificielle. Elle permet d'utiliser des modèles d'apprentissage pré-enregistrés, ce qui rend la prise en main rapide et intuitive pour des élèves. En revanche, elle ne permet pas d'explorer en profondeur la structure d'un réseau de neurones ni de modifier ses modèles internes. De plus, le taux de confiance affiché dans les blocs MakeCode reste indicatif et ne reflète pas un calcul statistiques complet.

Malgré cela, la AI Lens remplit parfaitement son rôle pédagogique : elle permet d'expérimenter concrètement la reconnaissance visuelle et le principe de décision automatique sans recourir à un traitement externe complexe.

Les limites techniques de ce système constituent aussi des opportunités pédagogiques : elles permettent aux élèves de comprendre que les systèmes à intelligence artificielle ne sont pas infaillibles et que leurs performances dépendent fortement des conditions réelles d'utilisation, des paramètres du programme et de la qualité de l'apprentissage. La maquette constitue ainsi un excellent support pour introduire la notion de fiabilité et de performance d'un système automatisé intelligent.

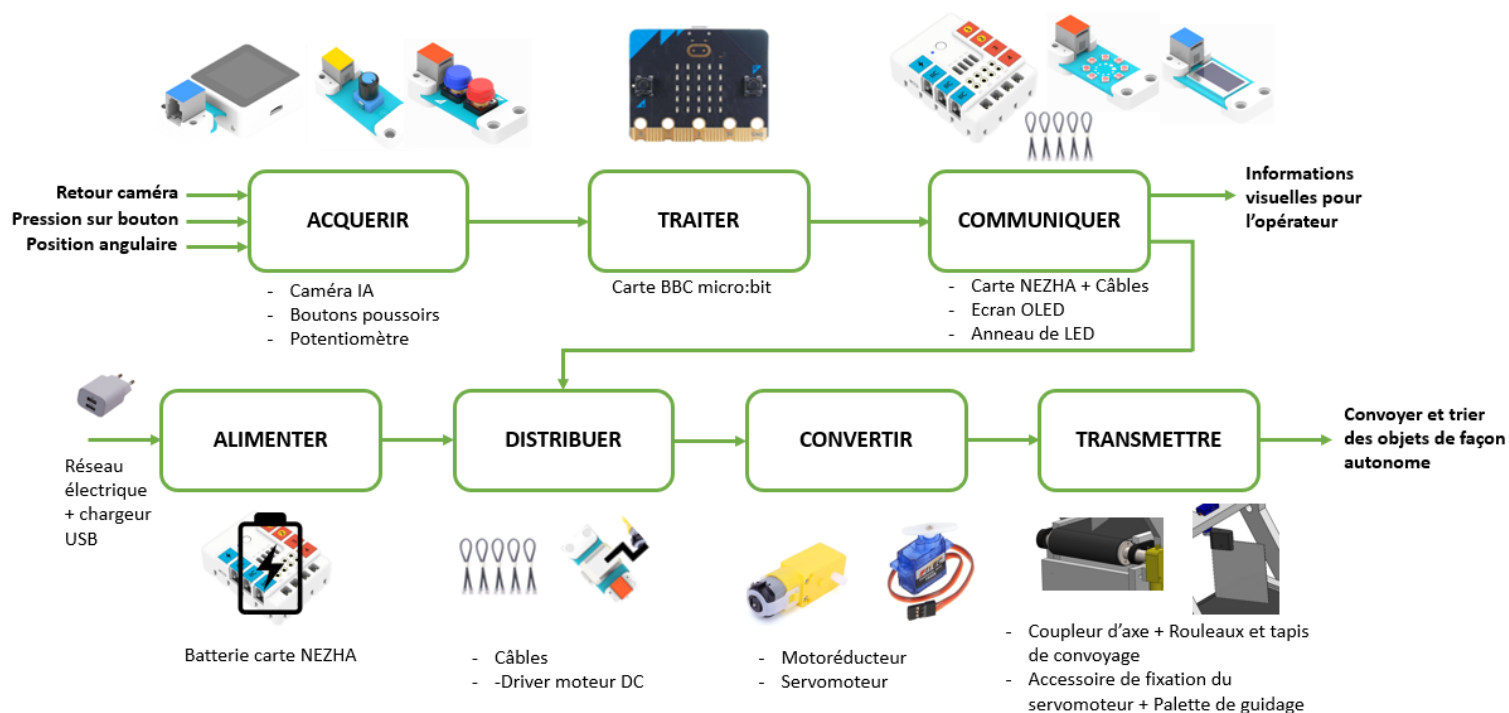
VII. Activités de programmation du convoyeur de tri

La suite de ce livret permet la prise en main et la maîtrise des différents éléments de la maquette : détecter et trier des objets selon leur couleur ou leur forme, gérer des événements, recevoir traiter et afficher des informations à l'aide des capteurs des actionneurs.

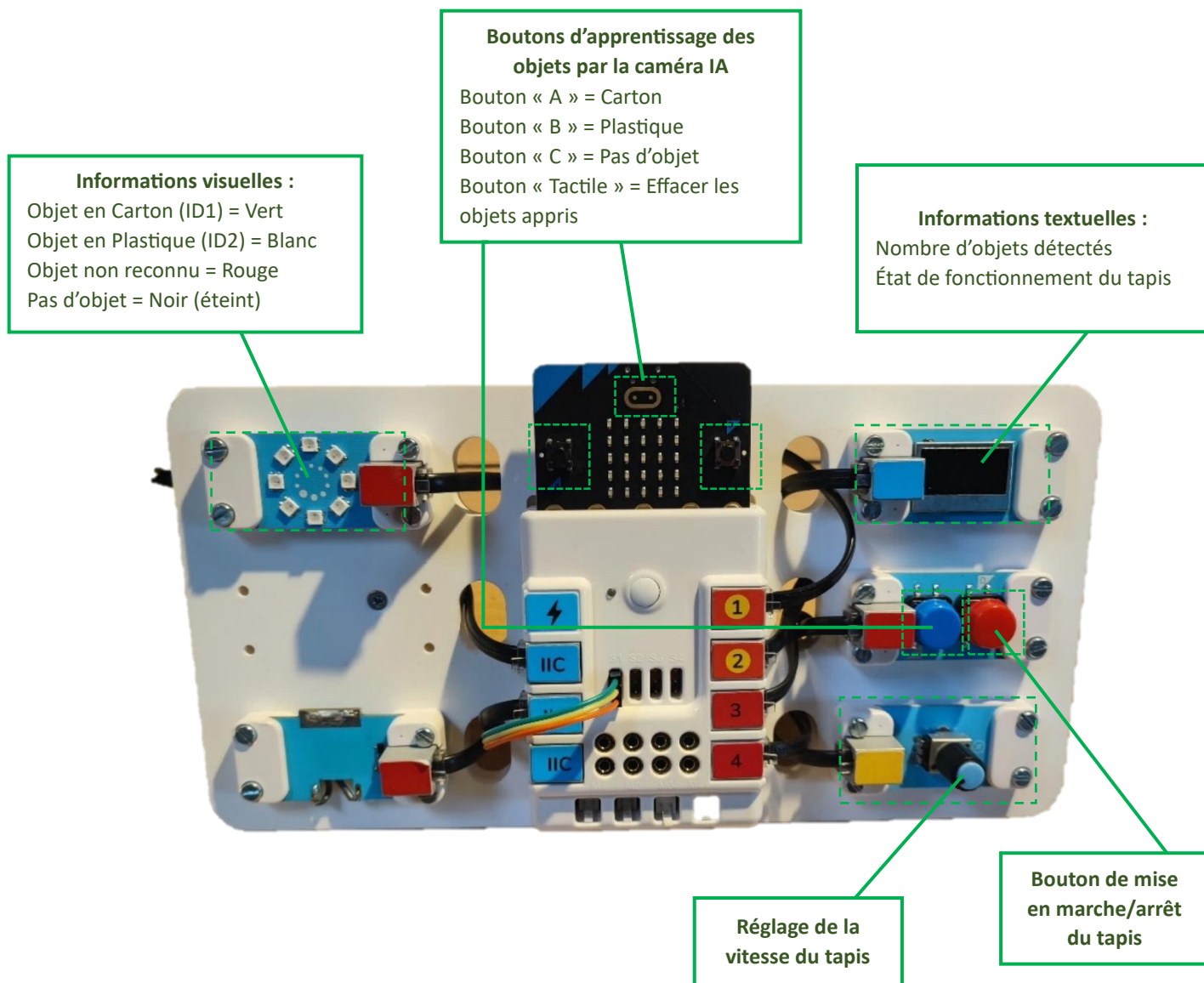
Les chapitres suivants peuvent servir de TP de prise en main des matériels NEZHA et PlanetX, avant la programmation complète de la maquette. Ils peuvent être traités comme des travaux de groupes avant une mise en commun avec la classe.

Ces matériels font appel à des capteurs, des actionneurs, de la programmation, il est facile de faire le lien avec les chaînes d'information et d'énergie.

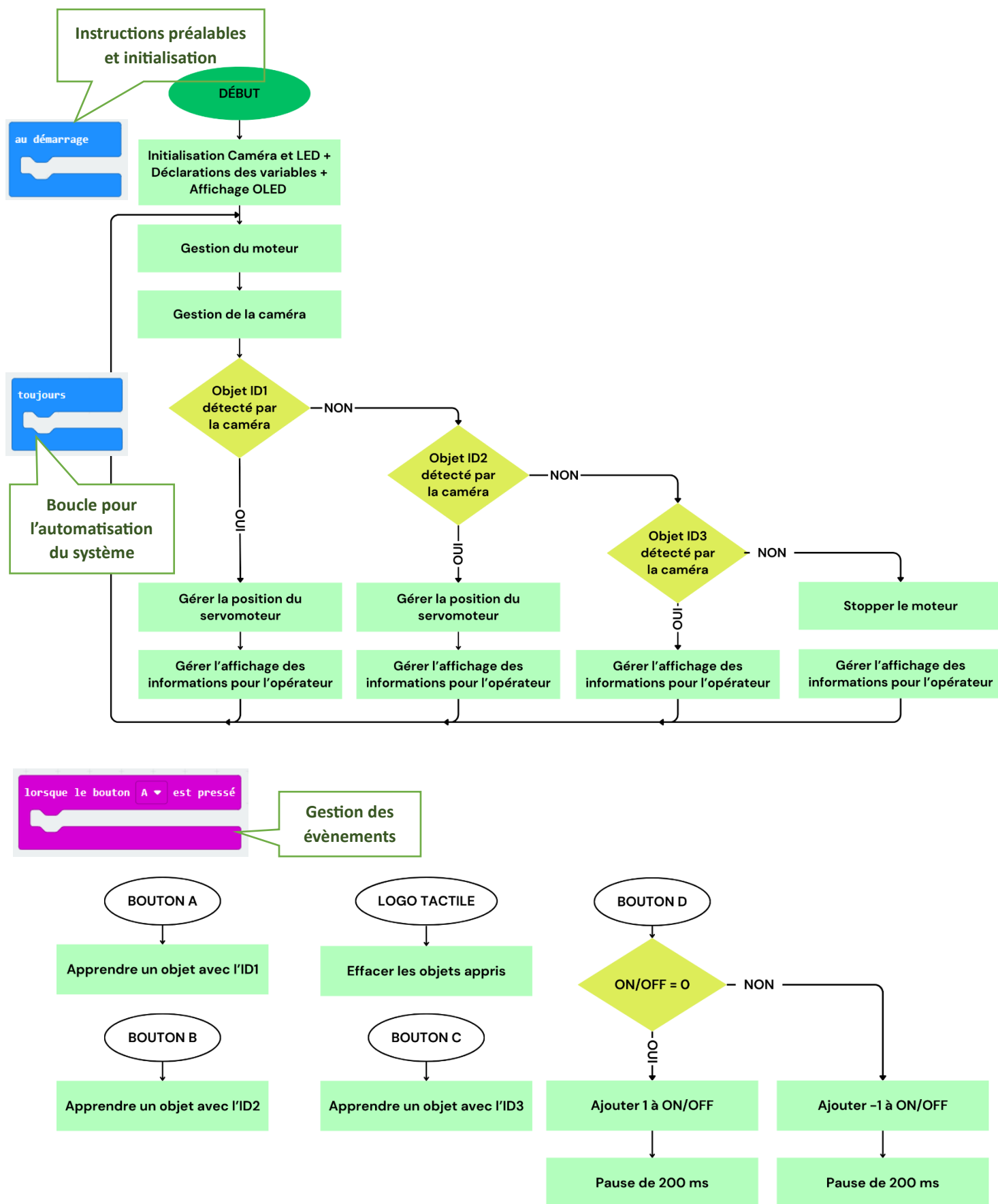
Chaînes d'information et d'énergie du convoyeur de tri IA



Le pupitre de commande a été pensé comme une interface Homme/Machine pour que l'opérateur du système de tri puisse piloter l'ensemble et contrôler le processus par retour d'informations.



L'algorithme simplifié du programme complet (BE-CONVO-PROG-TRI-FORMES) pour le tri des objets est donné ci-dessous :



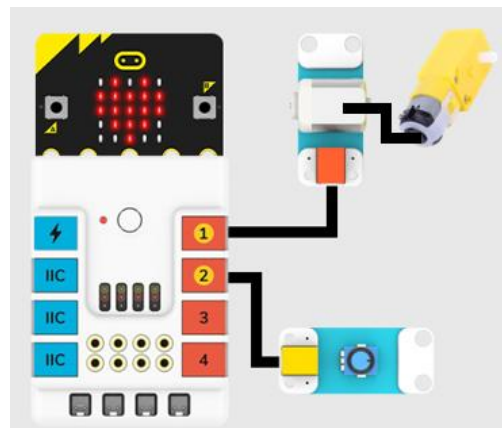
a. Gérer la vitesse de déplacement du tapis

Capteur : Potentiomètre

Actionneur : Moteur DC (à courant continu) avec réducteur

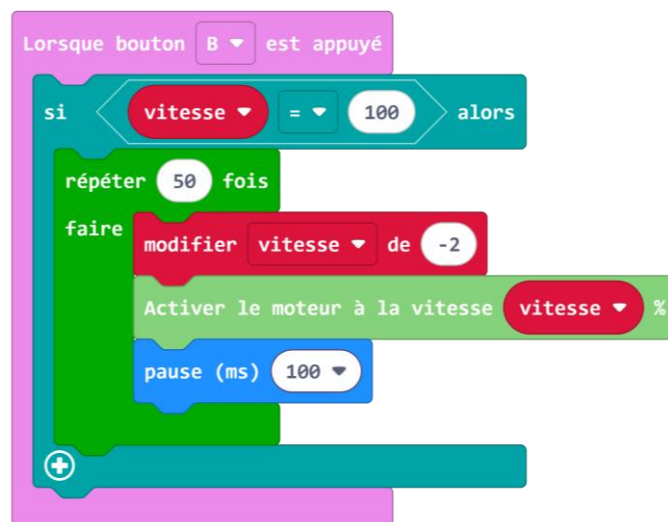
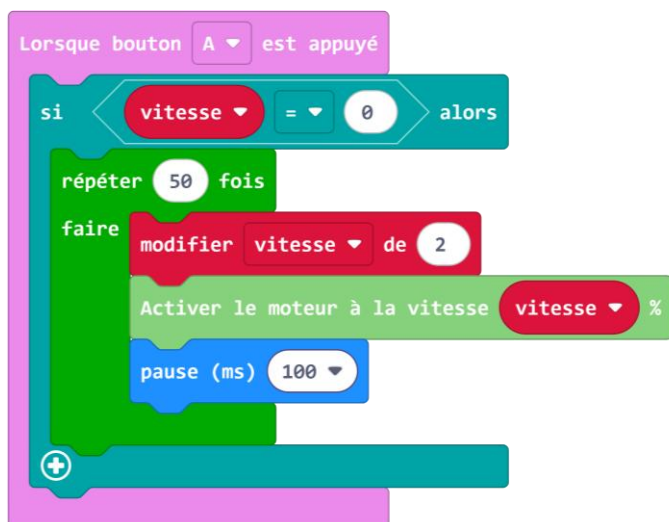
But du programme (BE-CONVO-PROG-TP1) :

Faire tourner le moteur à la vitesse 75% pendant 5 secondes, puis à la vitesse 100% pendant 5 secondes, puis le moteur s'arrête 10 secondes. Répéter le programme jusqu'à la mise hors tension.



Programme avancé (BE-CONVO-PROG-TP1-AV) :

L'appuis sur le bouton « A » de la carte micro:bit doit faire tourner le moteur de plus en plus vite, à l'aide d'une temporisation et d'une variable. L'appuis sur le bouton « B » doit faire tourner le moteur de moins en moins vite.



Programme avancé (BE-CONVO-PROG-TP1-POT) :

Faire tourner le moteur, en faisant varier la vitesse de rotation à l'aide du potentiomètre, pour entraîner le tapis de convoyage et déplacer les objets.

toujours

Activer le moteur à la vitesse

Valeur potentiomètre en pourcentage %

b. Guider les objets avec un servomoteur

Capteur : Bouton poussoir double

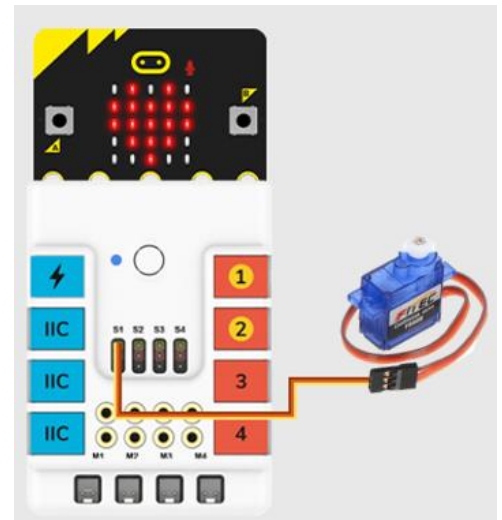
Actionneur : Servomoteur 180°

But du programme (BE-CONVO-PROG-TP2) :

Gérer l'orientation de la palette de guidage à l'aide du servomoteur afin de trier les objets sur la gauche ou la droite de la fin du tapis de convoyage.

Au démarrage le servo s'oriente à 100°, ce qui place la palette dans l'axe du tapis de convoyage (position milieu).

Le programme gère les interruptions pour détecter l'appui sur le bouton « A » ou « B », puis oriente le servomoteur à 40° (position gauche) ou à 160° (position droite).



au démarrage

Fixe l'angle du servo à 100 °

Lorsque bouton A est appuyé

Fixe l'angle du servo à 40 °

Lorsque bouton B est appuyé

Fixe l'angle du servo à 160 °

Programme avancé (BE-CONVO-PROG-TP2-AV) :

Ralentir le déplacement de la palette de guidage à l'aide d'une temporisation et d'une variable pour la valeur de l'angle.

au démarrage

définir angle à 100

Fixe l'angle du servo à angle °

Lorsque bouton A est appuyé

si angle = 100 alors

répéter 30 fois

faire modifier angle de -2

Fixe l'angle du servo à angle °

pause (ms) 50

sinon si angle = 160 alors

répéter 60 fois

faire modifier angle de -2

Fixe l'angle du servo à angle °

pause (ms) 50

sinon

Fixe l'angle du servo à angle °

Lorsque bouton B est appuyé

si angle = 100 alors

répéter 30 fois

faire modifier angle de 2

Fixe l'angle du servo à angle °

pause (ms) 50

sinon si angle = 40 alors

répéter 60 fois

faire modifier angle de 2

Fixe l'angle du servo à angle °

pause (ms) 50

sinon

Fixe l'angle du servo à angle °

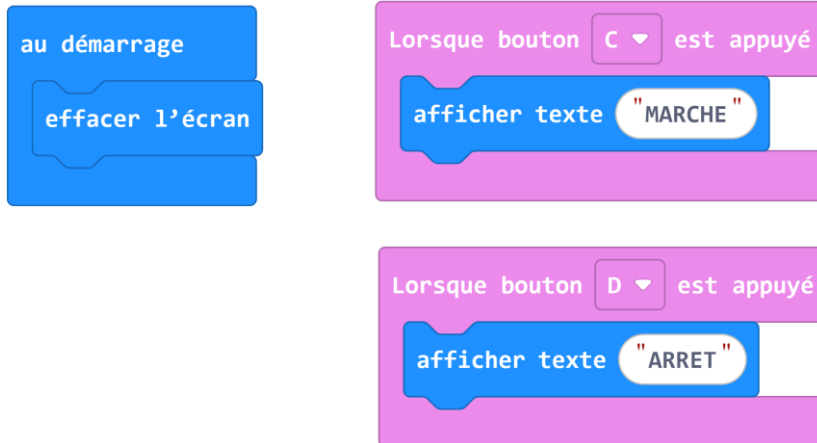
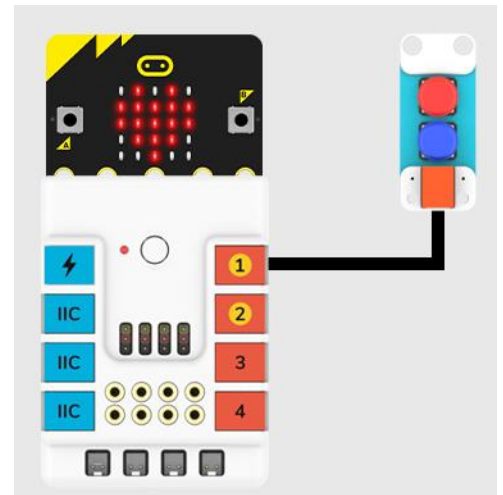
c. Interagir avec les boutons-poussoirs

Capteur : Bouton poussoir double

Actionneur : Afficheur de la carte BBC micro:bit

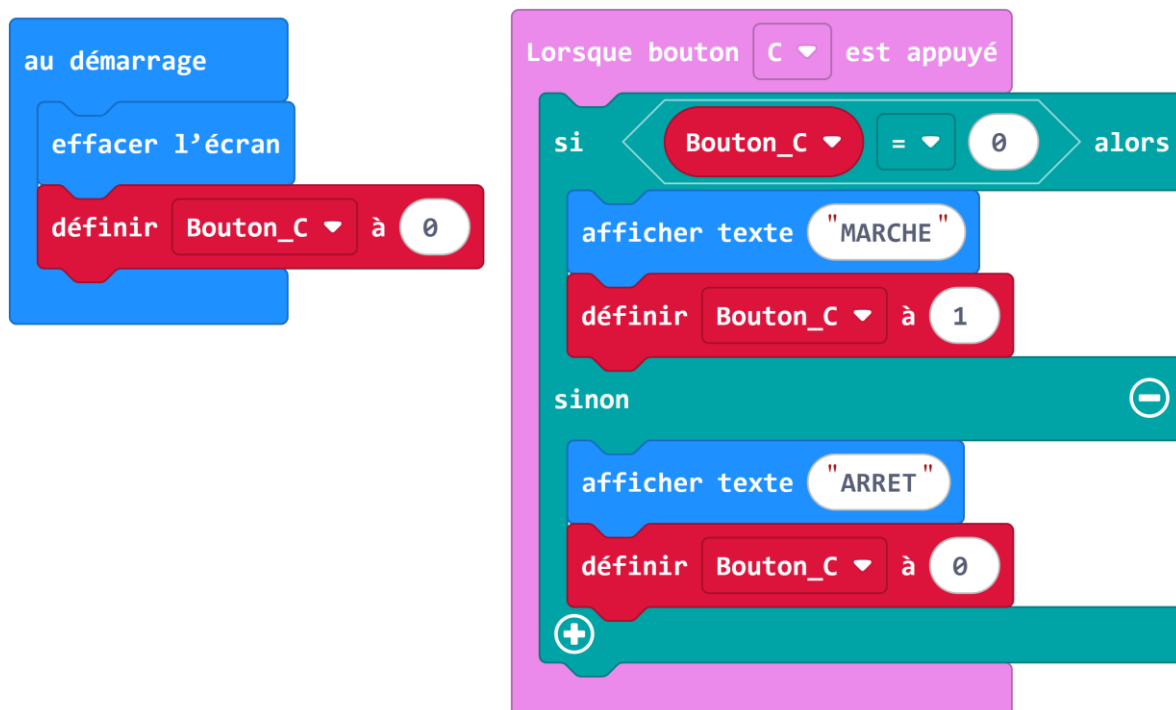
But du programme (BE-CONVO-PROG-TP3) :

Afficher le texte « MARCHE » après l'appui sur le bouton « C » du module bouton-poussoir double. Afficher le texte « ARRET » après l'appui sur le bouton « D » du module bouton-poussoir double.



Programme avancé (BE-CONVO-PROG-TP3-AV) :

Afficher le texte « MARCHE » après le premier appui sur le bouton « C » du module bouton poussoir double, puis afficher le texte « ARRET » après un second appui sur le bouton « C » et ainsi de suite. Une solution possible est d'associer une variable (valeur 0 ou 1) au bouton « C » du module bouton-poussoir double.



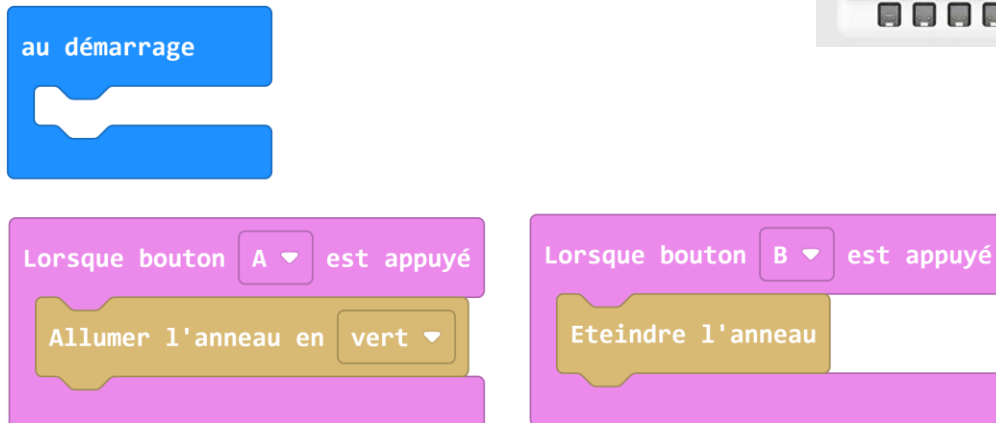
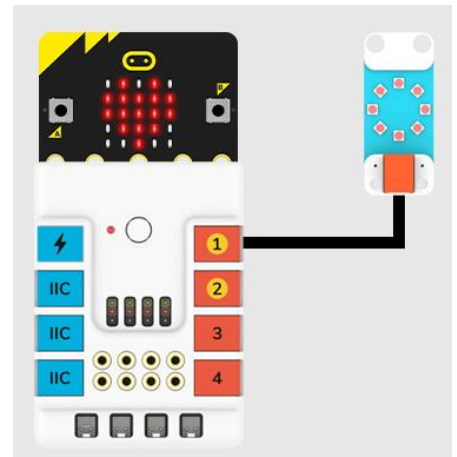
d. Actionner l'éclairage des LEDs RVB

Capteur : Bouton poussoir de la carte BBC micro:bit

Actionneur : Anneau de 8 LED RGB

But du programme (BE-CONVO-PROG-TP4) :

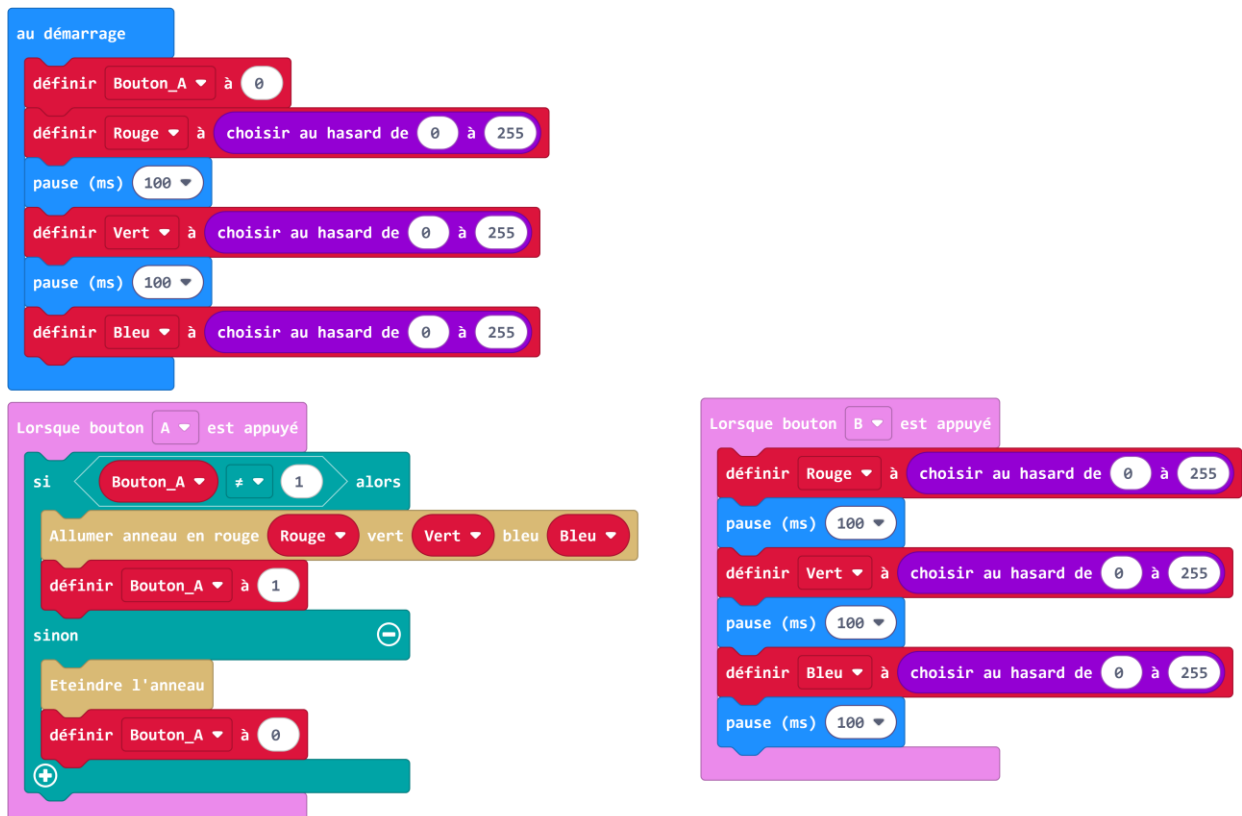
Eclairer l'anneau de LED en vert après l'appui sur le bouton « A » de la carte BBC micro:bit. Éteindre l'anneau de LED après l'appui sur le bouton « B » de la carte BBC micro:bit.



Programme avancé (BE-CONVO-PROG-TP4-AV) :

Eclairer l'anneau de LED avec une couleur aléatoire après le premier appui sur le bouton « A » de la carte BBC micro:bit, puis éteindre l'anneau de LED après un second appui sur le bouton « A » et ainsi de suite. Une solution possible est d'associer une variable (valeur 0 ou 1) au bouton « A » de la carte BBC micro:bit.

L'appui sur le bouton « B » modifie la couleur aléatoire. Il faudra encore utiliser des variables et la fonction aléatoire « choisir au hasard ».



e. Afficher des informations sur l'écran OLED

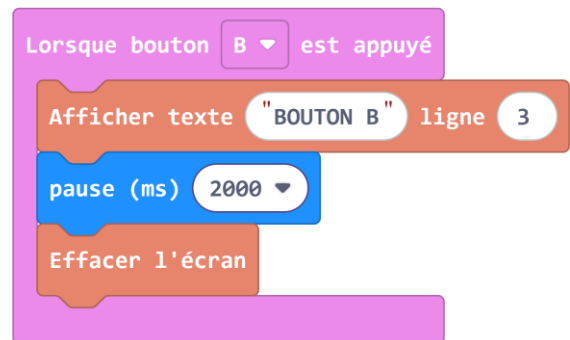
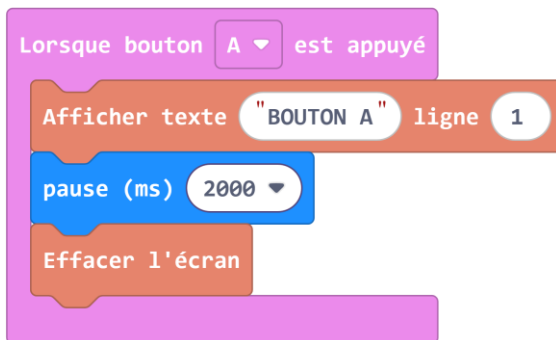
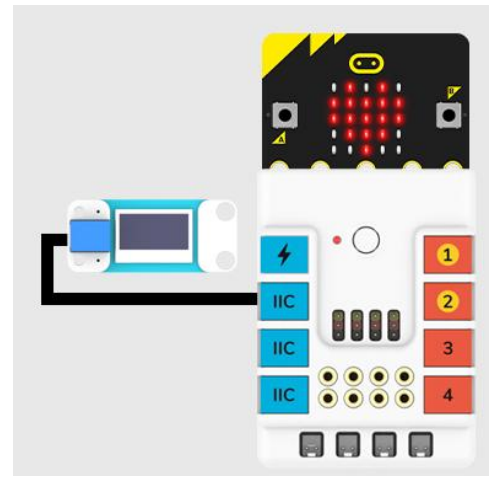
Capteur : Bouton poussoir de la carte BBC micro:bit

Actionneur : Ecran OLED

But du programme (BE-CONVO-PROG-TP5) :

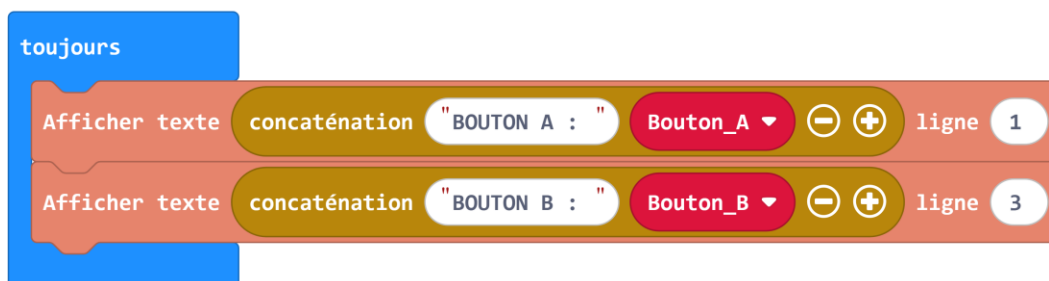
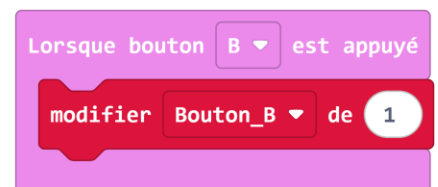
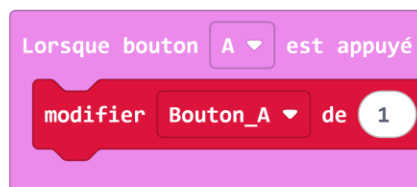
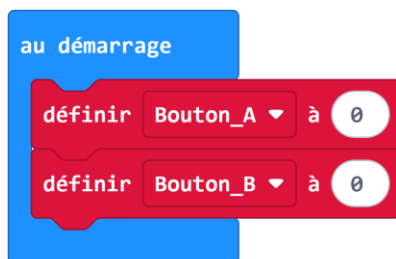
Afficher sur la ligne 1 de l'écran OLED, le texte « BOUTON A » lors de l'appui sur le bouton « A » de la carte BBC micro:bit, puis l'effacer au bout de 2 secondes.

Afficher sur la ligne 3 de l'écran OLED, le texte « BOUTON B » lors de l'appui sur le bouton « B » de la carte BBC micro:bit, puis l'effacer au bout de 2 secondes.



Programme avancé (BE-CONVO-PROG-TP5-AV) :

Afficher sur les lignes 1 et 3, des compteurs qui s'incrémentent lors de l'appui sur un bouton. Afficher les textes sous la forme « Bouton X : Y ». Une solution possible est d'associer des variables pour compter les nombres d'appuis.



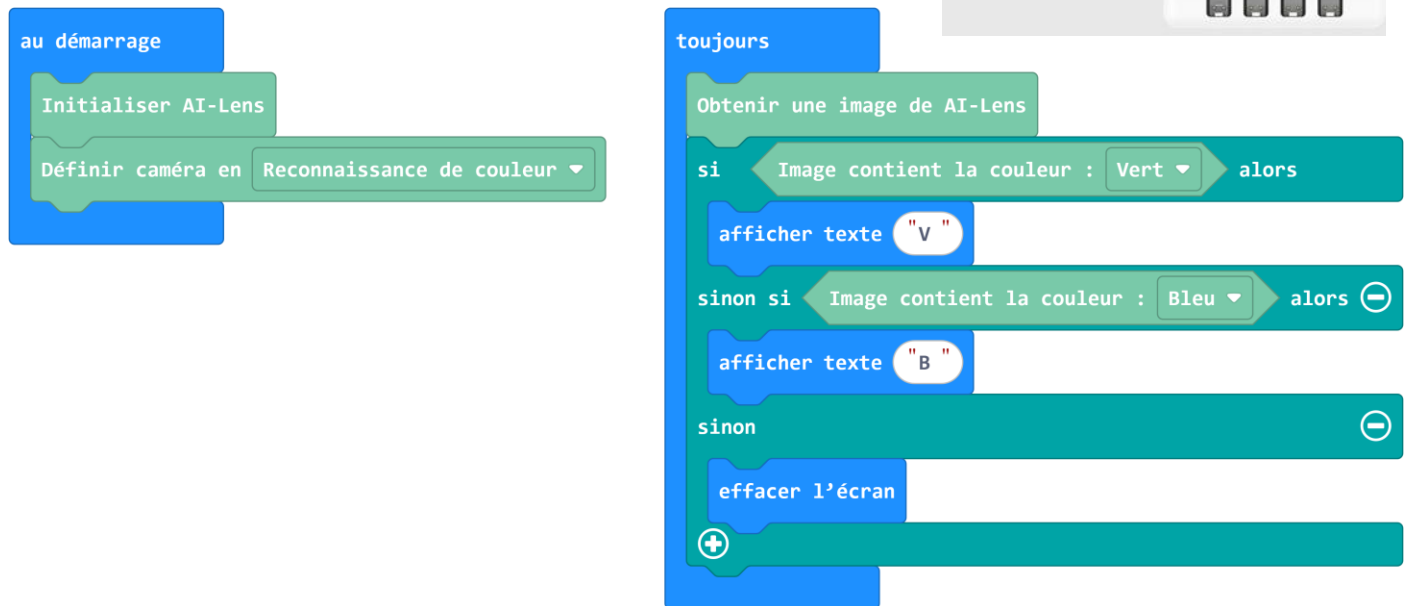
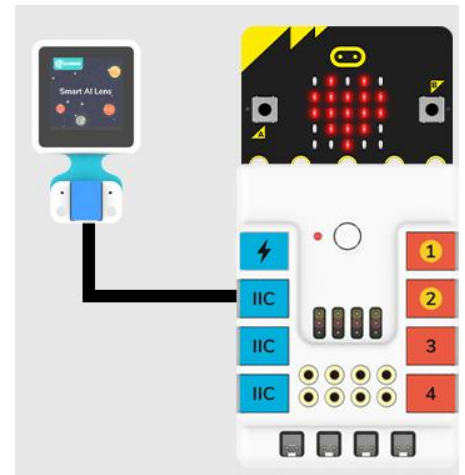
f. Détection des couleurs avec la caméra AI Lens

Capteur : Caméra AI Lens

Actionneur : Afficheur de la carte BBC micro:bit

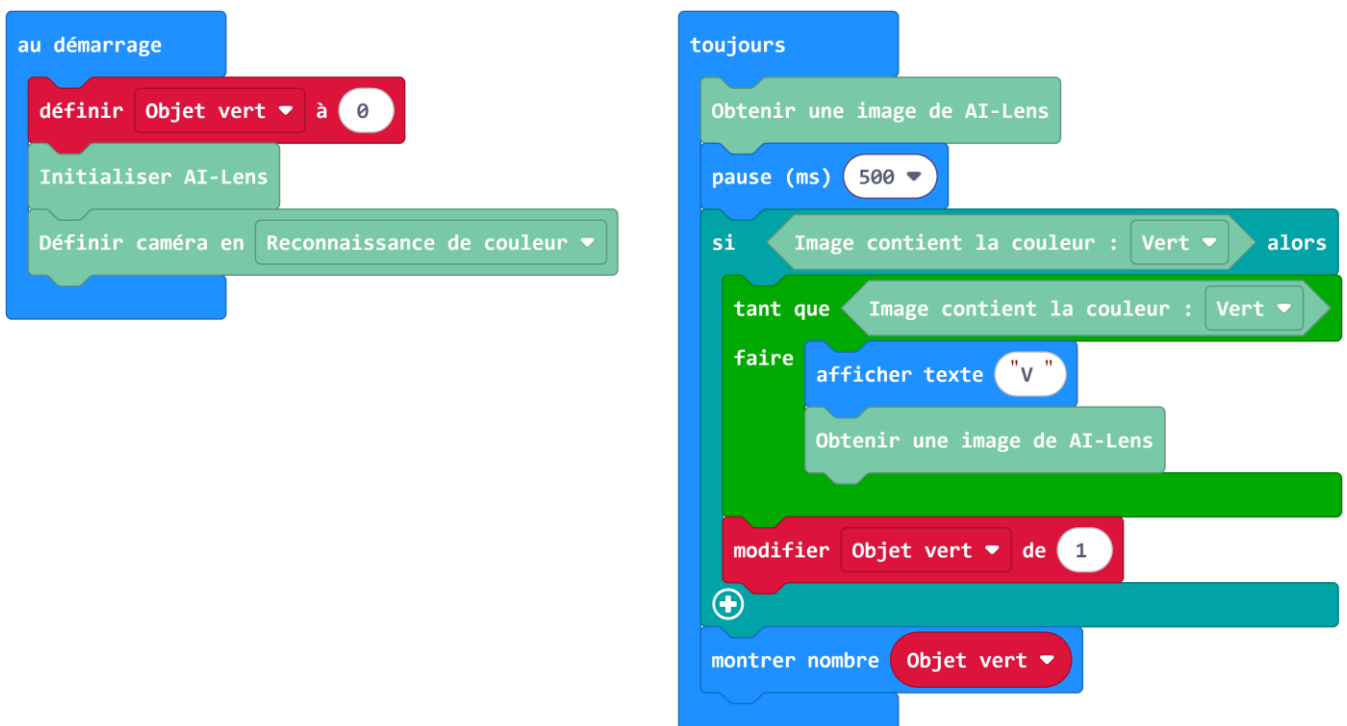
But du programme (BE-CONVO-PROG-TP6) :

Initialiser la caméra en reconnaissance des couleurs, puis afficher un « V » sur l'affiche de la carte BBC micro:bit lorsque que la caméra détecte un objet ou une carte vert, ou un « B » lorsqu'elle détecte un objet ou une carte bleu.



Programme avancé (BE-CONVO-PROG-TP6-AV):

Compter le nombre d'objets verts passés sous la caméra et l'afficher sur l'affichage de la carte BBC micro:bit.



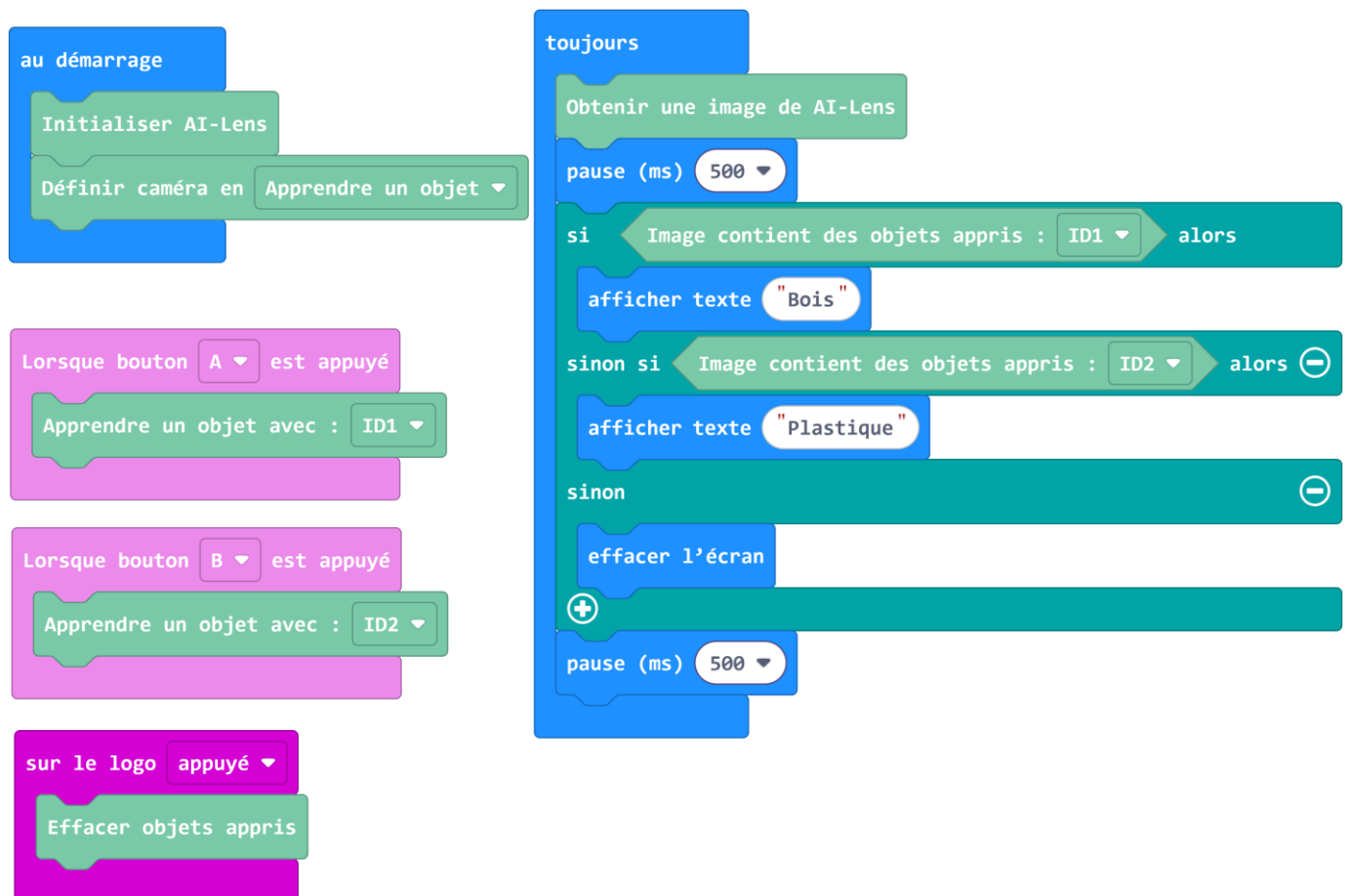
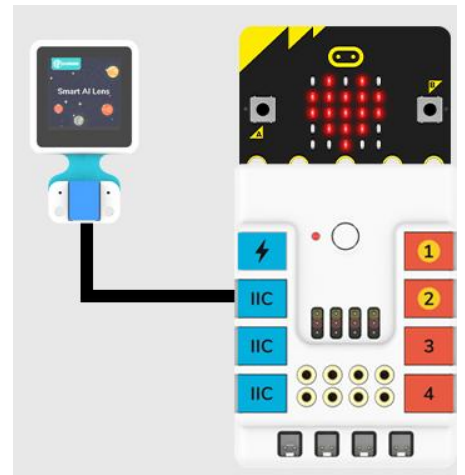
g. Apprentissage des objets avec la caméra AI Lens

Capteur : Caméra AI Lens

Actionneur : Afficheur de la carte BBC micro:bit

But du programme (BE-CONVO-PROG-TP7) :

Initialiser la caméra en apprentissage des objets, apprendre l'objet cube en bois sous l'ID1 lors de l'appui sur le bouton « A » de la carte BBC micro:bit, puis apprendre l'objet flacon en plastique sous l'ID2 lors de l'appui sur le bouton « B » de la carte BBC micro:bit. Afficher le mot « Bois » ou « Plastique » sur l'affiche de la carte BBC micro:bit lorsque la caméra reconnaît un cube ou un flacon.



h. Programme de tri par couleur des objets

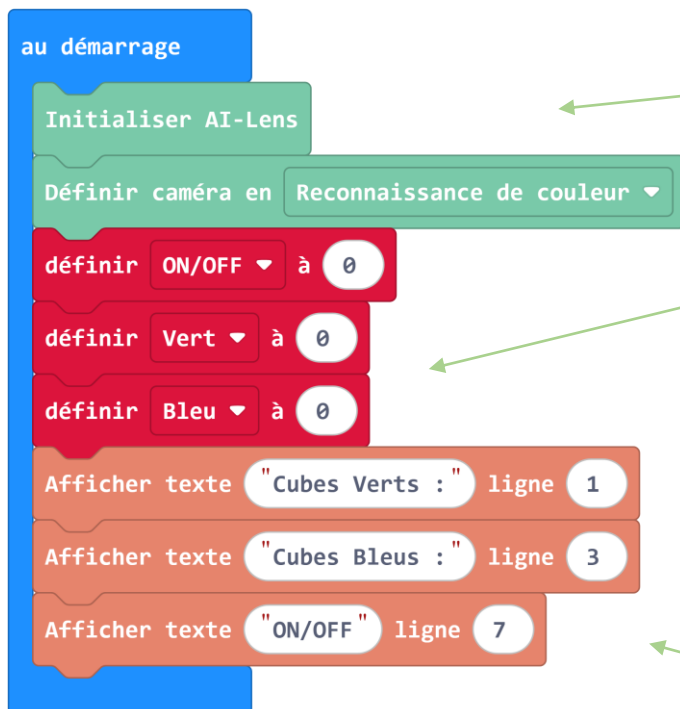
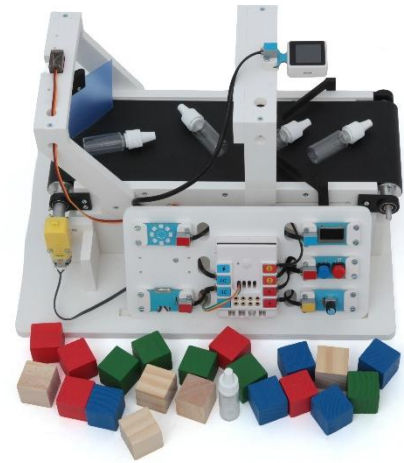
Capteurs : Caméra AI Lens – Bouton double – Potentiomètre

Actionneurs : Afficheur de la carte BBC micro:bit – Ecran OLED – Anneau 8 LED RGB – Motoréducteur – Servomoteur

But du programme (BE-CONVO-PROG-TRI-COULEURS) :

Gérer le déplacement des objets sur le tapis, capter les couleurs et trier les objets pour les faire tomber dans les bons bacs et fournir des informations pour l'opérateur.

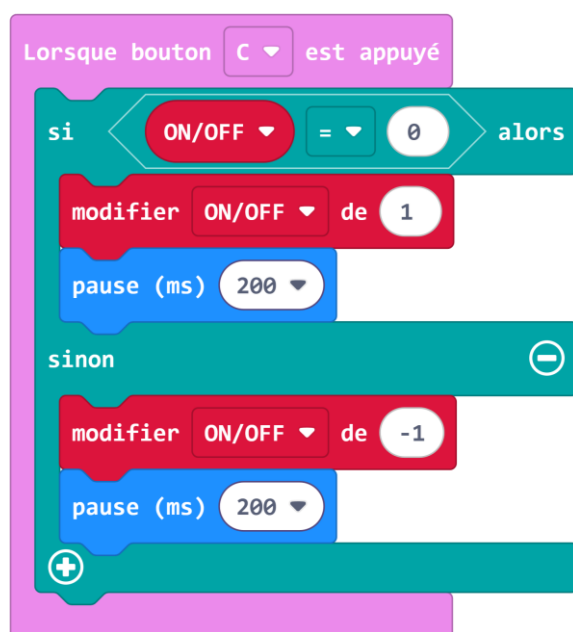
Description du programme :



Initialisation de la caméra et du mode de fonctionnement en reconnaissance de couleur.

Initialisation des différentes variables utiles au programme.

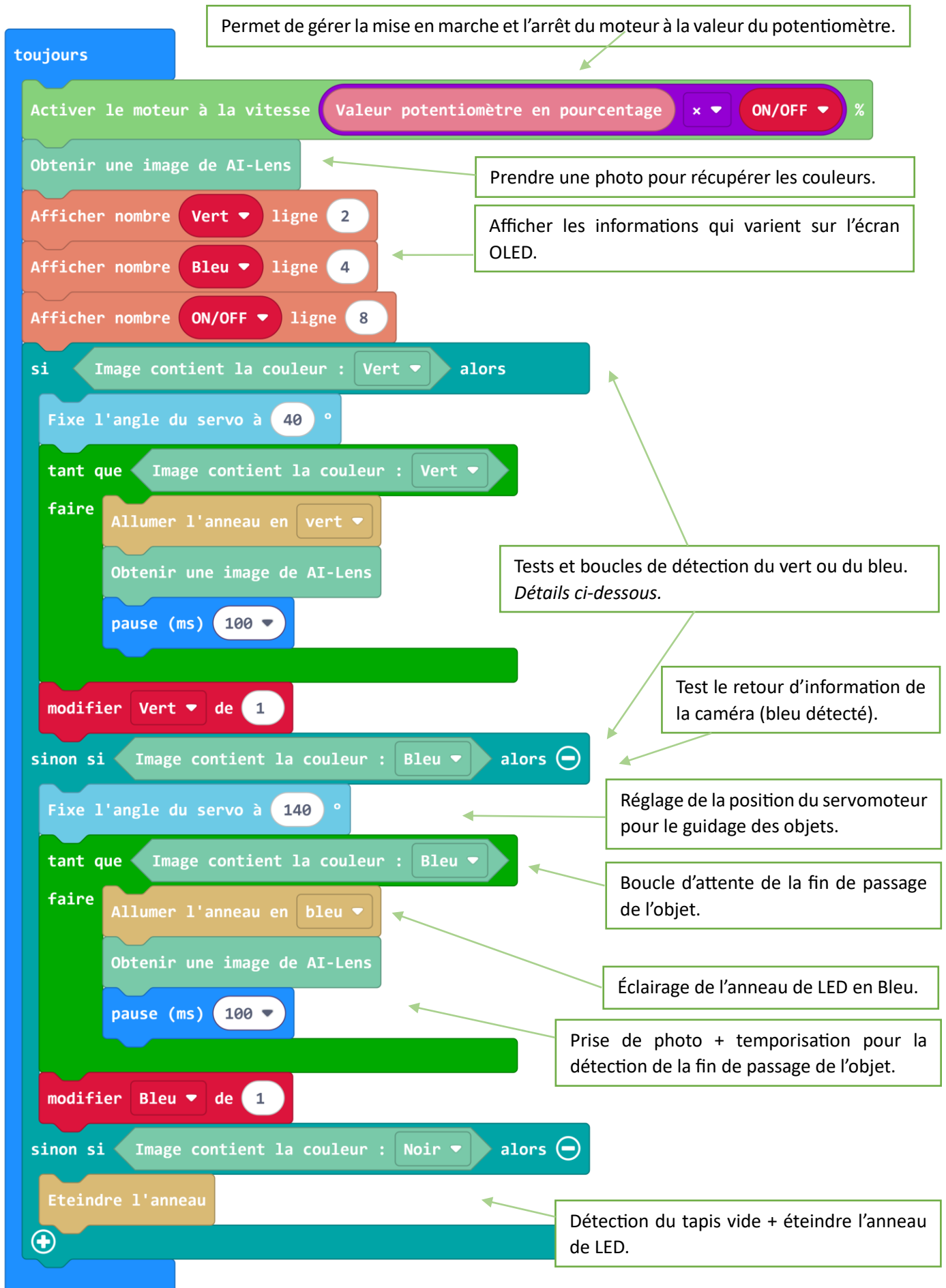
Affichage des textes permanents dans la phase de démarrage pour ne pas réutiliser ces instructions plus tard dans le programme et gagner en vitesse d'exécution.



Permet de surveiller l'appui sur le bouton « C » et de gérer une variable « ON/OFF » qui commande la mise en marche du moteur du tapis de convoyage. (Voir le bloc « Moteur » dans le programme principal).

Réinitialise les compteurs des variables « Vert » et « Bleu » à 0 lors de l'appui sur le bouton « D ».





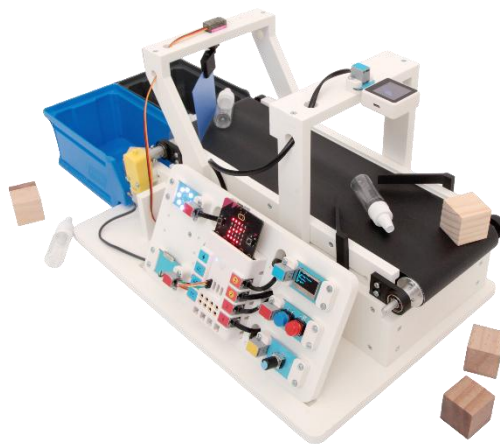
i. Programme de tri par forme des objets

Capteurs : Caméra AI Lens – Bouton double – Potentiomètre – Bouton de la carte BBC micro:bit – Bouton tactile de la carte BBC micro:bit

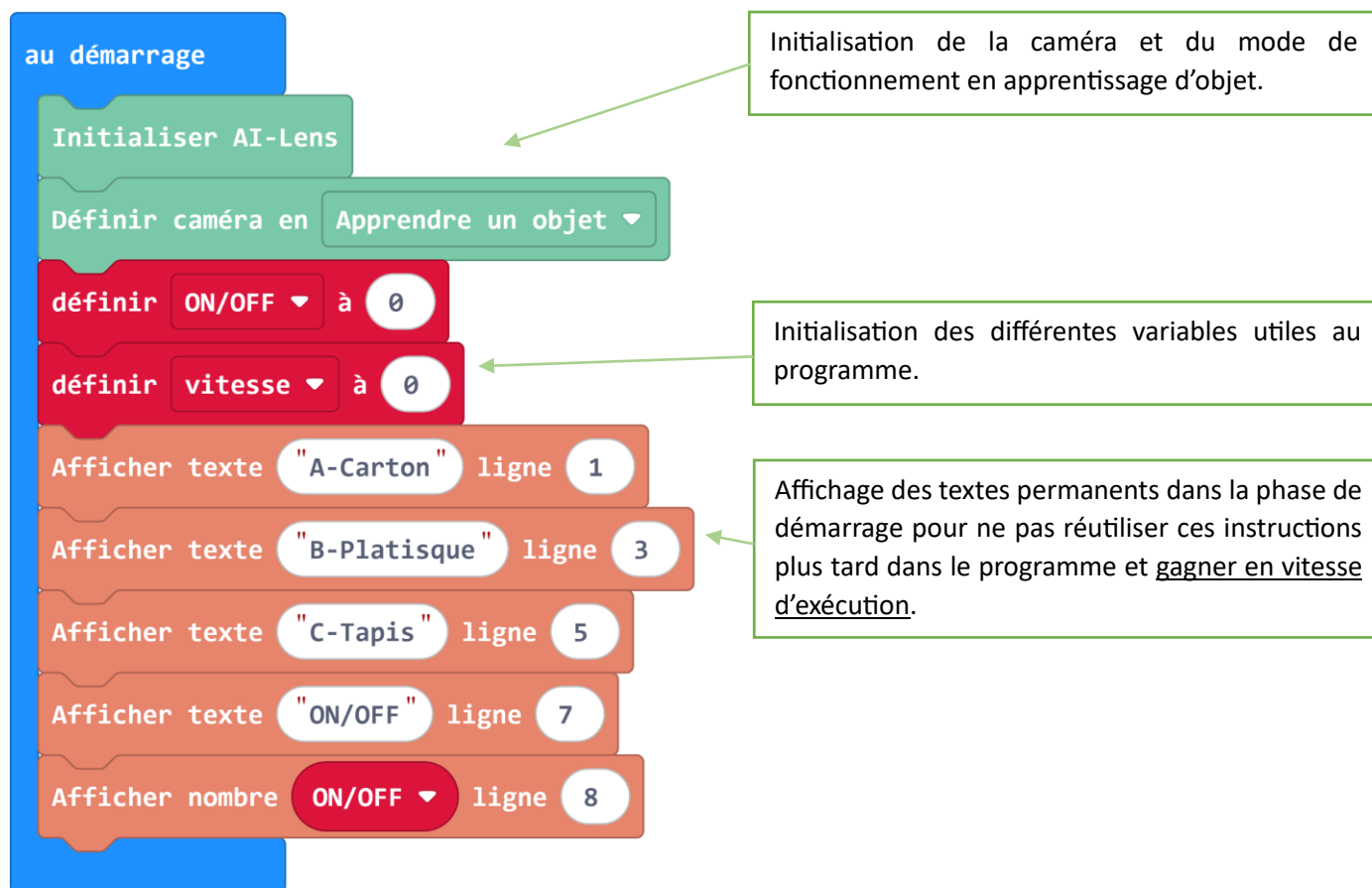
Actionneurs : Afficheur de la carte BBC micro:bit – Ecran OLED – Anneau 8 LED RGB – Motoréducteur – Servomoteur

But du programme (BE-CONVO-PROG-TRI-FORMES) :

Gérer le déplacement des objets sur le tapis, apprendre à reconnaître des objets, capter les formes et trier les objets pour les faire tomber dans les bons bacs et fournir des informations pour l'opérateur.



Description du programme :

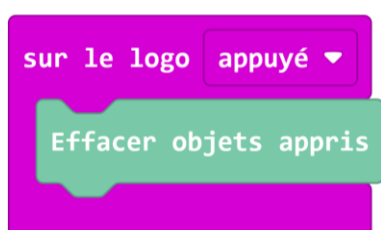




Permet de surveiller l'appui sur le bouton « A » de la carte BBC micro:bit pour que la caméra prenne une photo et enregistre les caractéristiques de l'image dans l'ID1. **ID1 = CARTON**



Permet de surveiller l'appui sur le bouton « B » de la carte BBC micro:bit pour que la caméra prenne une photo et enregistre les caractéristiques de l'image dans l'ID2. **ID2 = PLASTIQUE**

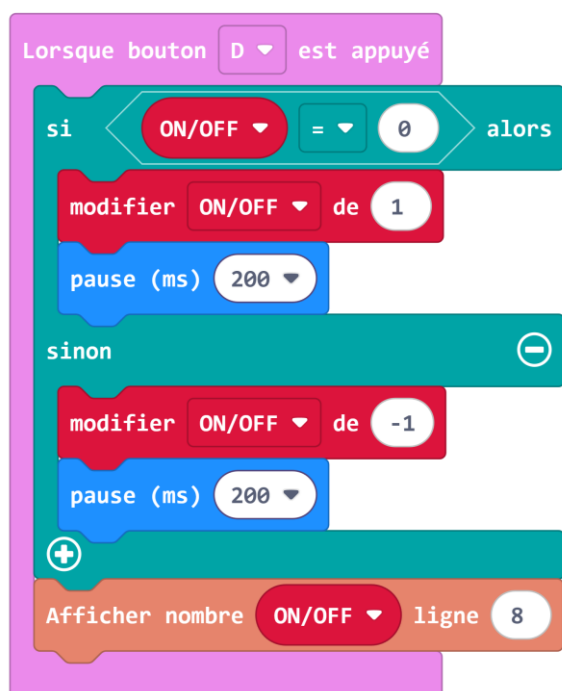


Note : L'enregistrement des caractéristiques prend 5 secondes.

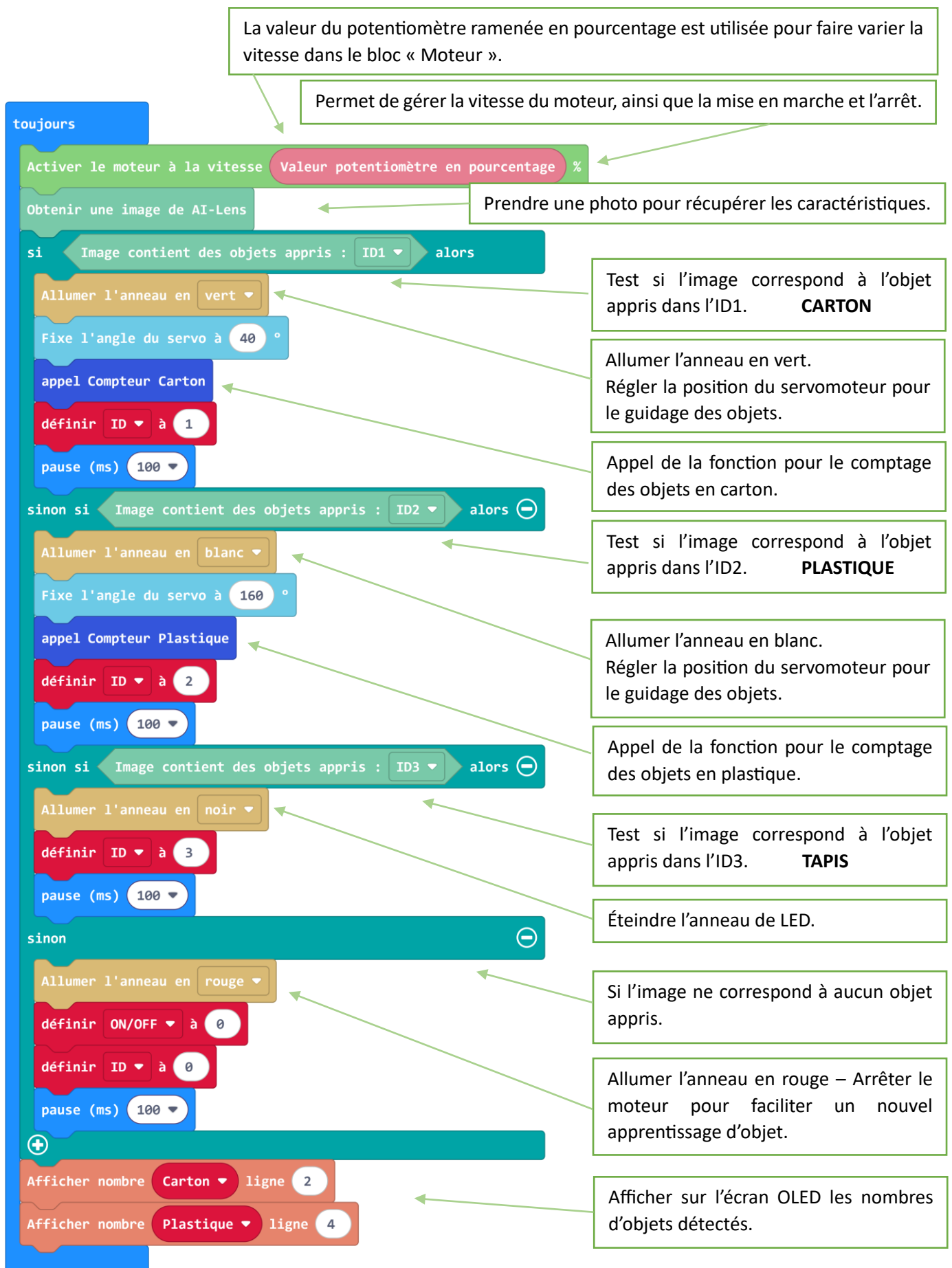
Permet de surveiller l'appui sur le logo tactile de la carte BBC micro:bit pour que la caméra efface de sa mémoire les objets appris.

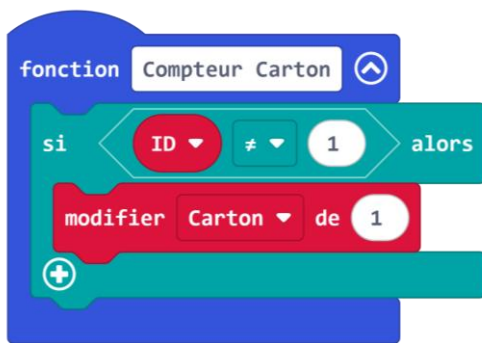


Permet de surveiller l'appui sur le bouton « C » du module bouton-poussoir double pour que la caméra prenne une photo et enregistre les caractéristiques de l'image dans l'ID3. **ID3 = TAPIS**



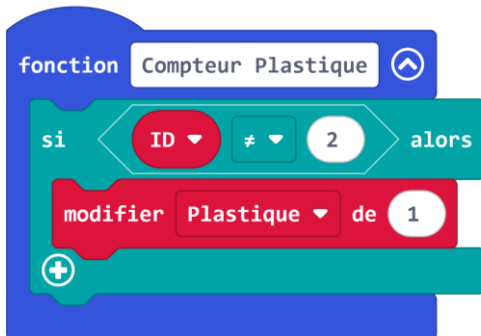
Permet de surveiller l'appui sur le bouton « D » et de gérer une variable « ON/OFF » qui commande la mise en marche du moteur du tapis de convoyage. (Voir le bloc « Moteur » dans le programme principal).





Le but de cette fonction est de compter une seule fois l'objet pendant tout le temps qu'il passe sous la caméra grâce à la variable « ID ».

La variable Carton s'incrémente de 1, avant d'être affichée sur l'écran OLED à la fin de la boucle principale du programme.



Même principe ici pour le plastique.

La variable Plastique s'incrémente de 1, avant d'être affichée sur l'écran OLED à la fin de la boucle principale du programme.

La création de fonction est utile pour simplifier et rendre plus compréhensible le programme principal. C'est ici une bonne occasion de découvrir cet outil avec des fonctions simples. Cela peut permettre de faire travailler des groupes sur différentes fonction, qui mises en commun, permettront de faire fonctionner un système complet.



www.a4.fr

Concepteur et fabricant de matériels pédagogiques