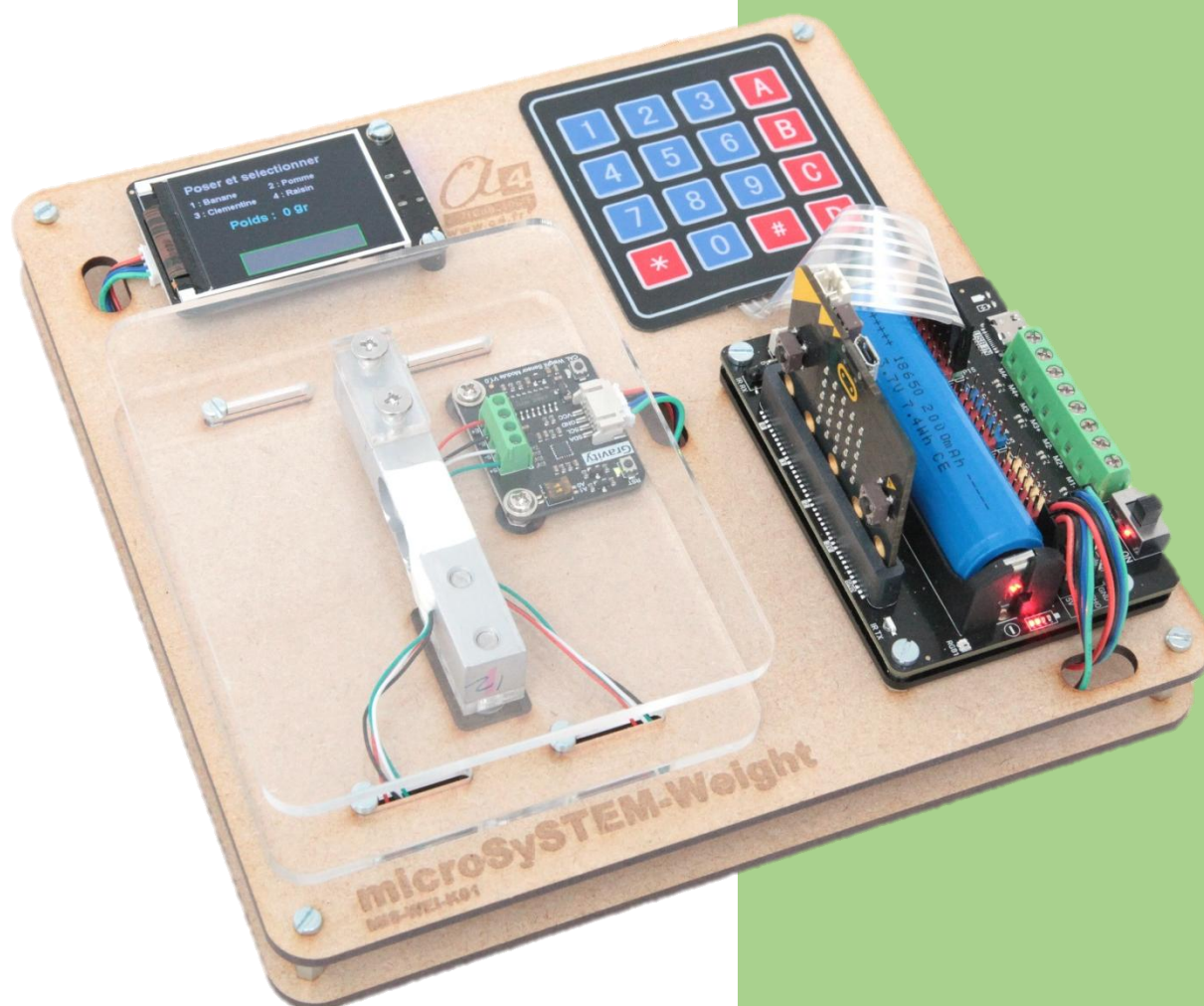


microSySTEM-Weight

Balance intelligente



Dossier technique
& pédagogique





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 de la balance électronique de la gamme microSySTEM

Table des matières

I. Introduction	4
II. Contenu des offres	7
III. Nomenclature	9
a. Partie opérative	9
b. Partie commande.....	11
IV. Montage de la maquette microSySTEM-Weight balance	12
a. Assemblage de la partie opérative	12
b. Installation de la carte d'extension sur la maquette	16
c. Connexion des composants à la carte d'extension.....	17
V. Mise en service	18
a. Mise en service de la carte BBC micro:bit et de la carte d'extension.....	18
VI. Généralité sur la programmation de la barrière.....	20
a. Introduction à MakeCode	20
b. Programme de test de la barrière.....	20
c. Extension pour la barrière	23
VII. Activités de programmation	27
a. Afficher une information sur l'écran LCD.....	29
b. Mesurer et afficher une masse	30
c. Effectuer la tare	31
d. Étalonner la balance avec une masse de 100 g	33
e. Stabiliser et exploiter la mesure	37
f. Lire le clavier 4x4	39
g. Sélectionner un fruit et son prix au kilogramme	40
h. Réaliser une balance de fruits complète	42
i. Ajouter la reconnaissance par intelligence artificielle avec la maquette AI Vision	46

I. Introduction

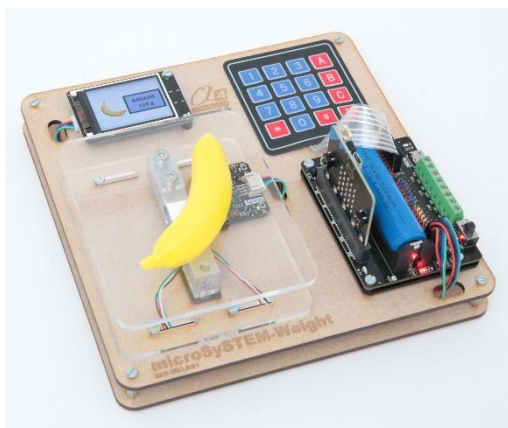
La mesure de la masse intervient dans de nombreux domaines de la vie quotidienne et professionnelle. Les balances électroniques sont notamment utilisées dans le commerce, la cuisine, les laboratoires, l'industrie et la logistique. Elles permettent de doser une quantité, contrôler un produit, gérer un stock ou calculer un prix à partir d'une masse mesurée.

Une balance électronique associe plusieurs fonctions. Une cellule de charge à jauge de contrainte se déforme légèrement sous l'effet de la masse déposée sur le plateau. Cette déformation est convertie en un signal électrique, puis traitée afin d'obtenir une valeur exploitable. Le système peut ensuite afficher la masse, effectuer une tare ou utiliser la mesure pour réaliser différents calculs.



La maquette microSySTEM-Weight transpose ce fonctionnement dans un système programmable. Elle associe une cellule de charge, un module de pesage I2C HX711, une carte BBC micro:bit, un écran LCD couleur et un clavier matriciel 4 × 4. Elle constitue ainsi un support concret pour étudier l'acquisition, le traitement et la restitution d'une grandeur physique.

Dans ce projet, nous avons choisi de concevoir une balance électronique capable de mesurer et d'afficher une masse en grammes. Le système peut être mis à zéro grâce à la fonction de tare et étalonné à l'aide d'une masse de référence de 100 g. Le clavier permet également de sélectionner un produit, de lui associer un prix au kilogramme et de calculer automatiquement son prix en fonction de la masse mesurée. Nous aborderons dans la suite du dossier la programmation de ces différentes fonctions ainsi que des scénarios plus avancés.



Fabriquée en panneau de MDF, la maquette a été pensée pour être simple à assembler, compacte et facile à manipuler. Sa taille réduite permet de l'utiliser sur un bureau ou un îlot de travail, tout en reproduisant clairement le fonctionnement d'une balance électronique. Cette conception permet également de tester rapidement différents programmes et de modifier le comportement du système selon les objectifs de l'activité.

Pour la partie électronique, nous utilisons une carte d'extension compatible avec la BBC micro:bit, qui simplifie les connexions avec les capteurs et les différents périphériques. Cette carte comprend un support pour batterie 18650, assurant l'autonomie du système et limitant l'utilisation de câbles. Grâce au circuit de charge intégré, il n'est pas nécessaire de retirer la batterie pour la recharger. Ce montage offre également une bonne modularité : les composants peuvent être ajoutés, remplacés ou associés selon les besoins du projet.



La carte BBC micro:bit constitue le cœur du système. Elle reçoit la mesure transmise par le module de pesage I2C HX711, applique les réglages de tare et d'étalonnage, puis calcule la masse correspondante. Elle traite également les informations provenant du clavier et pilote l'écran LCD afin de présenter les résultats à l'utilisateur.

Nous chercherons à répondre à la problématique suivante :

Comment concevoir et programmer une balance électronique capable de mesurer une masse, d'interagir avec l'utilisateur et d'exploiter la mesure pour réaliser différents calculs ?

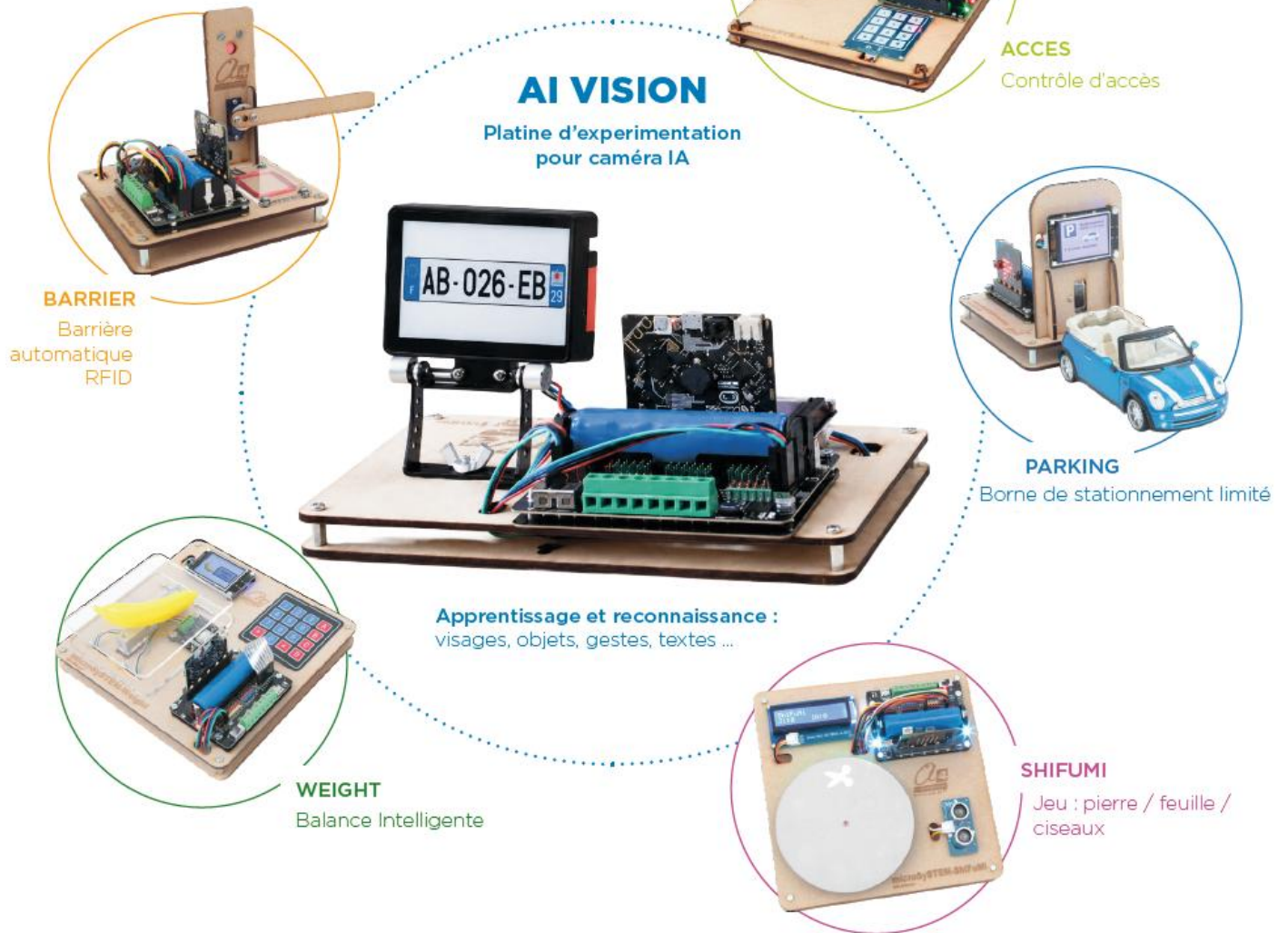
Ce projet permet d'aborder la chaîne d'information, l'acquisition d'une grandeur physique, la conversion d'un signal en donnée numérique et le traitement de cette donnée par un programme. Il permet également d'étudier les notions de tare, d'étalonnage, de précision, de stabilité de la mesure, de variables, de conditions et de calculs proportionnels.

La maquette est entièrement programmable dans MakeCode avec une approche visuelle et accessible par blocs. L'extension « a4 microSySTEM Weight » regroupe les blocs nécessaires à l'utilisation du module de pesage et du clavier. La maquette peut également être programmée en Python afin d'introduire la programmation textuelle et de développer des applications plus avancées.

Comme pour les autres maquettes de la gamme microSySTEM, Weight peut être associée à la maquette AI Vision et à sa caméra HuskyLens 2. Après apprentissage de différents produits, la caméra peut reconnaître l'objet déposé sur le plateau et transmettre son identification par radio à la carte micro:bit de la balance. Le programme peut alors sélectionner automatiquement le produit correspondant, lui associer un prix au kilogramme et afficher sa masse ainsi que son prix.

Retrouvez toutes les informations et les exemples d'activités dans le dossier de la maquette AI Vision.





II. Contenu des offres

Des maquettes pédagogiques modulaires pour l'étude des systèmes automatisés, ouvertes vers des activités d'intelligence artificielle.

microSySTEM-AI Vision

MIS-AIV-K01

Manipuler facilement la puissante caméra IA HuskyLens 2 et ajouter des fonctionnalités d'intelligence artificielle aux autres maquettes de la gamme.



microSySTEM-ShiFuMi

MIS-SFM-K01

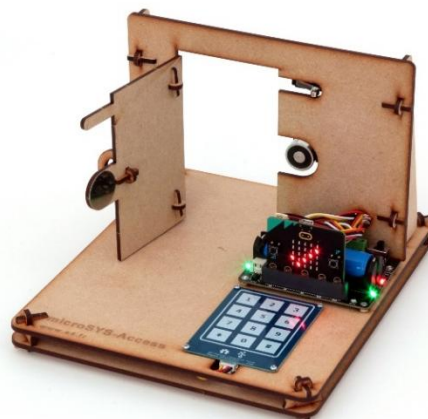
Le célèbre jeu Pierre-Feuille-Ciseaux en maquette



microSySTEM-Access

MIS-ACC-K01

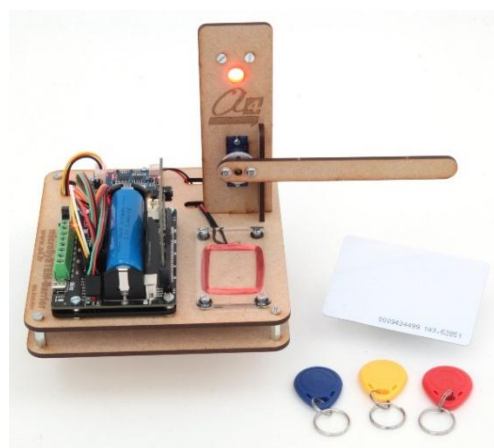
Etudier le contrôle d'accès d'une porte équipée d'une ventouse magnétique



microSySTEM-Barrier

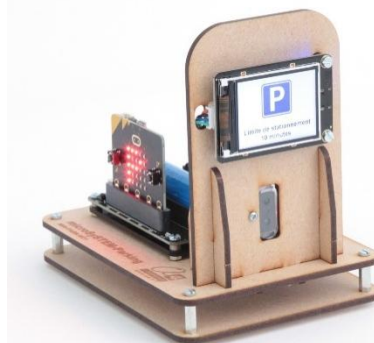
MIS-BAR-K01

Etudier une barrière de type péage ou parking avec son contrôle par badge RFID



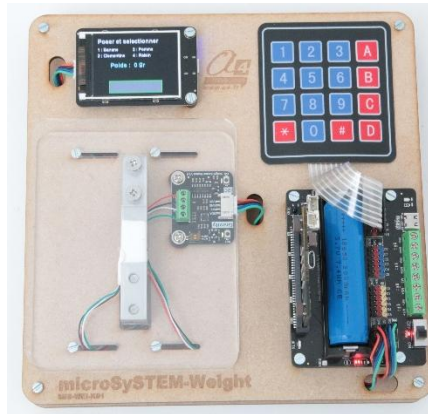
microSySTEM-Parking MIS-PARK-K01

Etudier une borne de stationnement à durée limitée avec son écran LCD couleur facilement programmable et personnalisable



microSySTEM-Weight MIS-WEI-K01

Etudier une balance électronique et développer votre propre balance de type industriel



Pack microSySTEM thématique ville MIS-KD-01

Ces systèmes réels automatisés avec micro:bit permettent d'aborder la gestion automatisée du stationnement et des accès urbains à travers des scénarios simples.

Avec la présence de la caméra IA Huskylens 2, il permet aussi d'imaginer des scénarios plus avancés, comme la reconnaissance de véhicules prioritaires, l'accès des secours, le stationnement PMR ou la gestion intelligente des places disponibles.

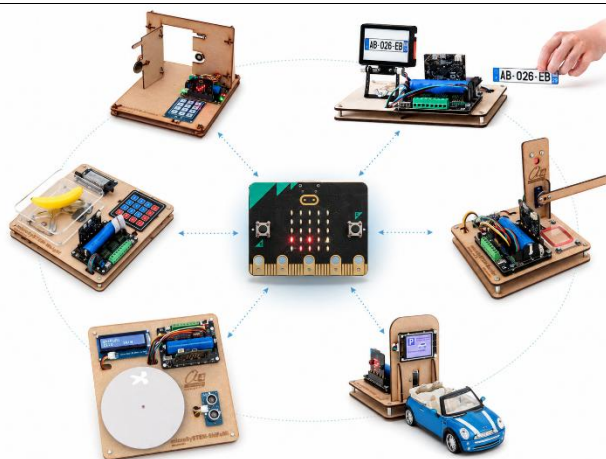
Le pack comprend : 6 maquettes microSySTEM (2 AI Vision, 2 Parking, 2 Barrier), 1 piste thématique ville, 6 câbles de programmation, 6 batteries Lithium 18650, 6 cartes micro:bit



Pack découverte microSySTEM MIS-KD-02

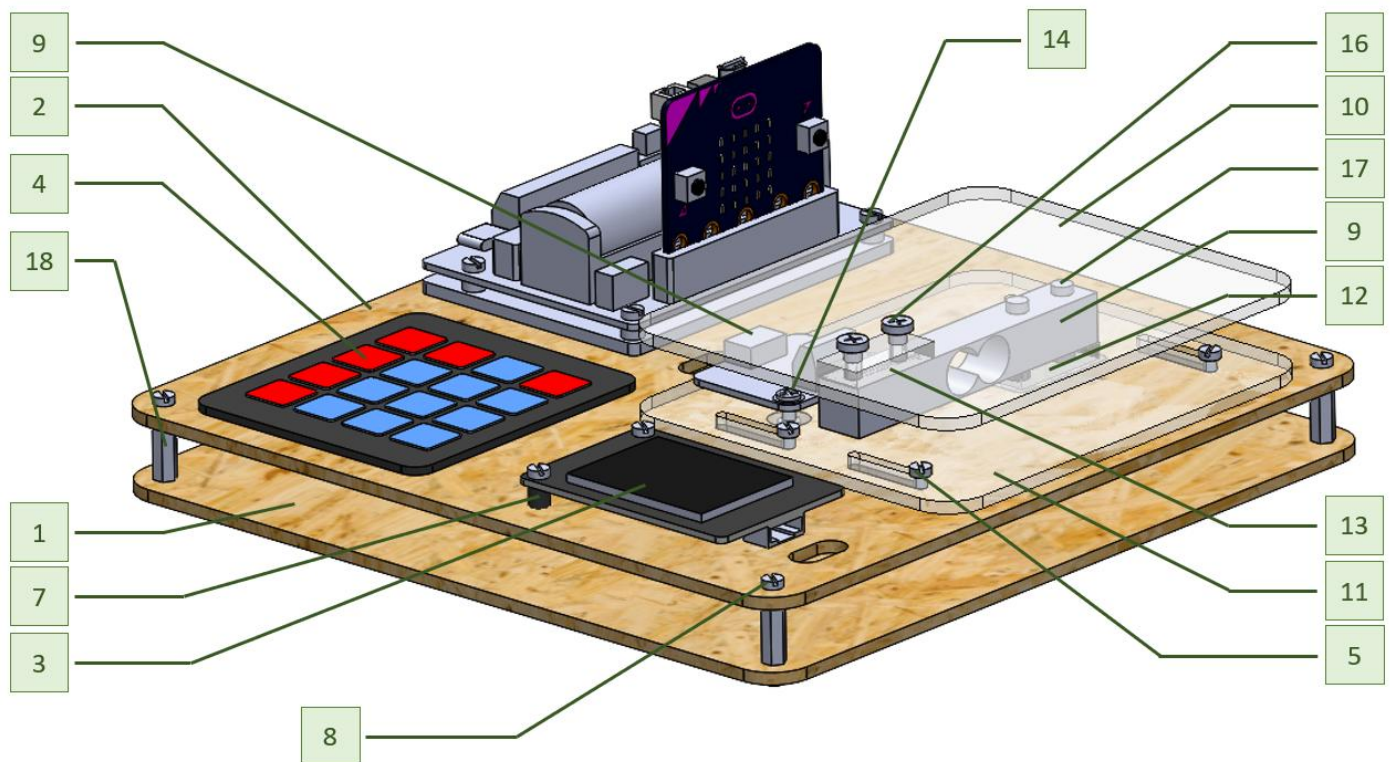
Une gamme de systèmes techniques, pilotés avec micro:bit pour aborder des thématiques variées : contrôle d'accès, stationnement limité, mesures, jeu interactif, apprentissage et reconnaissance par intelligence artificielle.

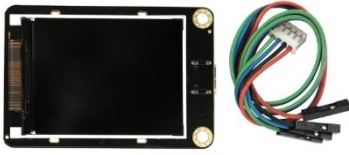
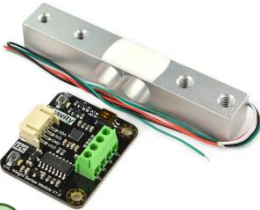
Le pack comprend : 6 maquettes microSySTEM prêtes à l'emploi (IA Vision, Access, Barrier, Parking, ShiFuMi, Weight), 6 cartes micro:bit, 6 batteries lithium pour une utilisation autonome, 6 câbles de programmation.



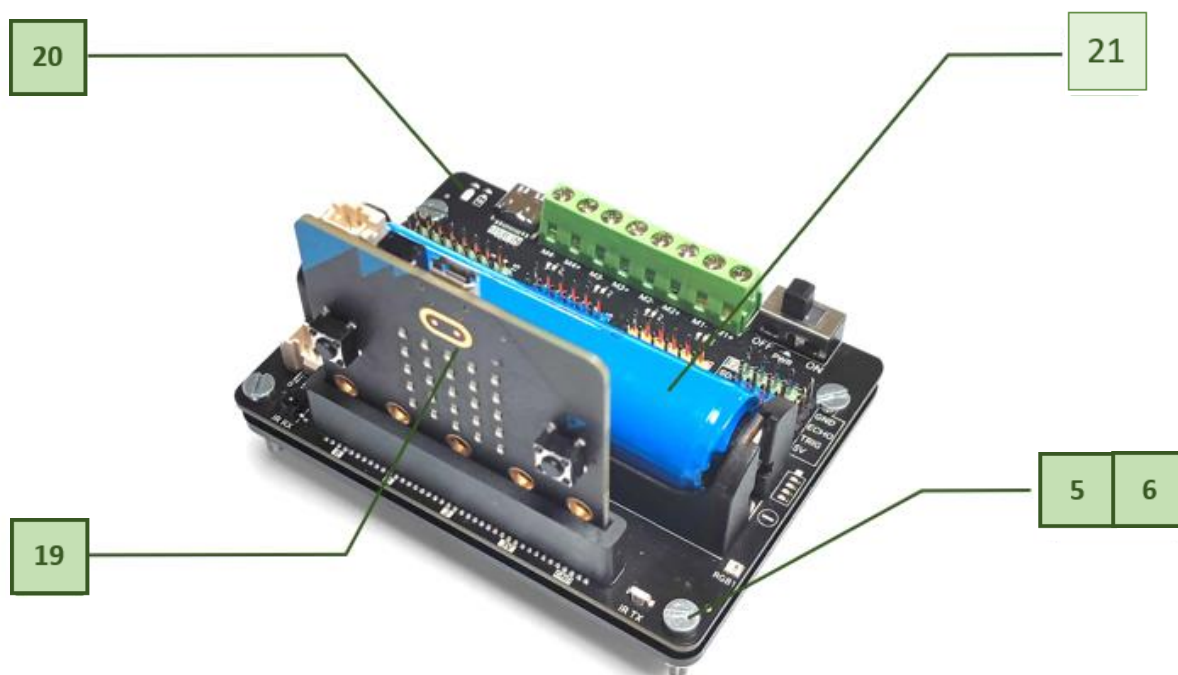
III. Nomenclature

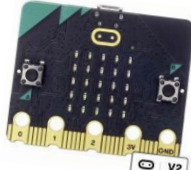
a. Partie opérative



			
X1 Dessous support	X1 Dessus support	X1 Ecran couleur - DF Robot	X1 Clavier souple 4x4 touches
			
X10 Vis M3 L16mm	X10 Ecou M3	X2 Entretoise plastique Ø3mm L6mm	X8 Vis M3 5mm
			
1X Weight Sensor KIT	1X Dessus Balance KIT	1X Dessous Balance KIT	1X Support Vis 5mm KIT
			
1X Support Vis 4mm KIT	2X Vis M3 L8mm KIT	2X Ecou M3 KIT	2X Vis M4 L20mm KIT
			
2X Vis M5 L20mm KIT	Entretoises métalliques femelle-femelle M3 L15mm		

b. Partie commande



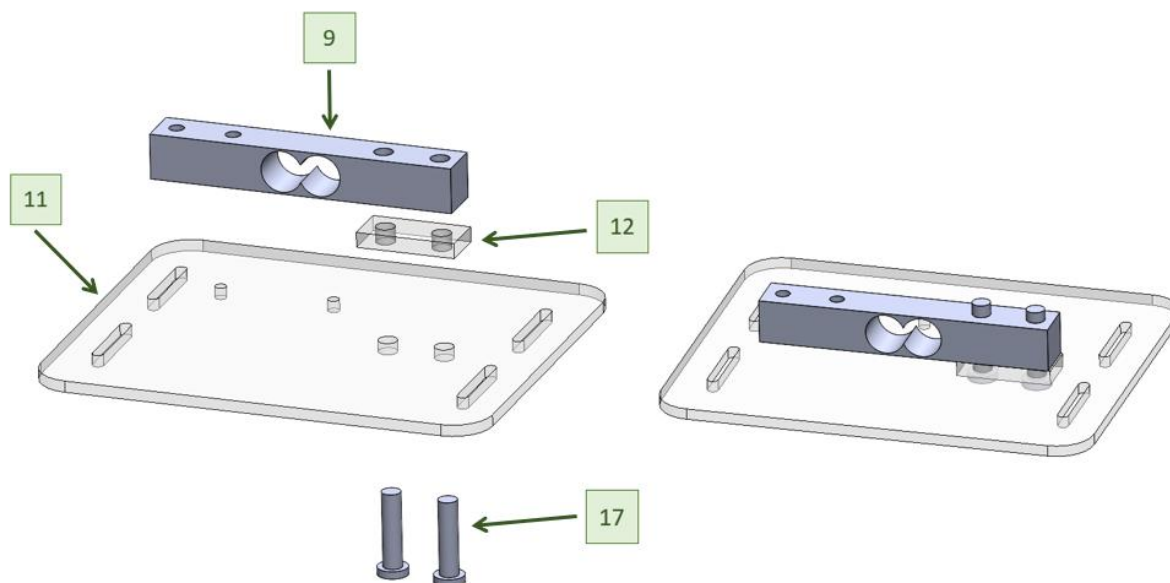
 19	 20	 21	 22
Carte BBC micro:bit (MI-CARTE-V2)	Carte d'extension pour BBC micro:bit	Batterie lithium 18650 2000 mAh 3,7 V (PILE-18650-A)	Câble pour la programmation type micro-USB (CABL-MICUSB-1M)
 23	 24		
Chargeur USB 5 V (V-PSSEUSB35W)	Câble pour la recharge type USB-C 1m (V-PCMP98)		

Matériel en option présent dans le pack découverte ou à commander séparément

IV. Montage de la maquette microSySTEM-Weight balance

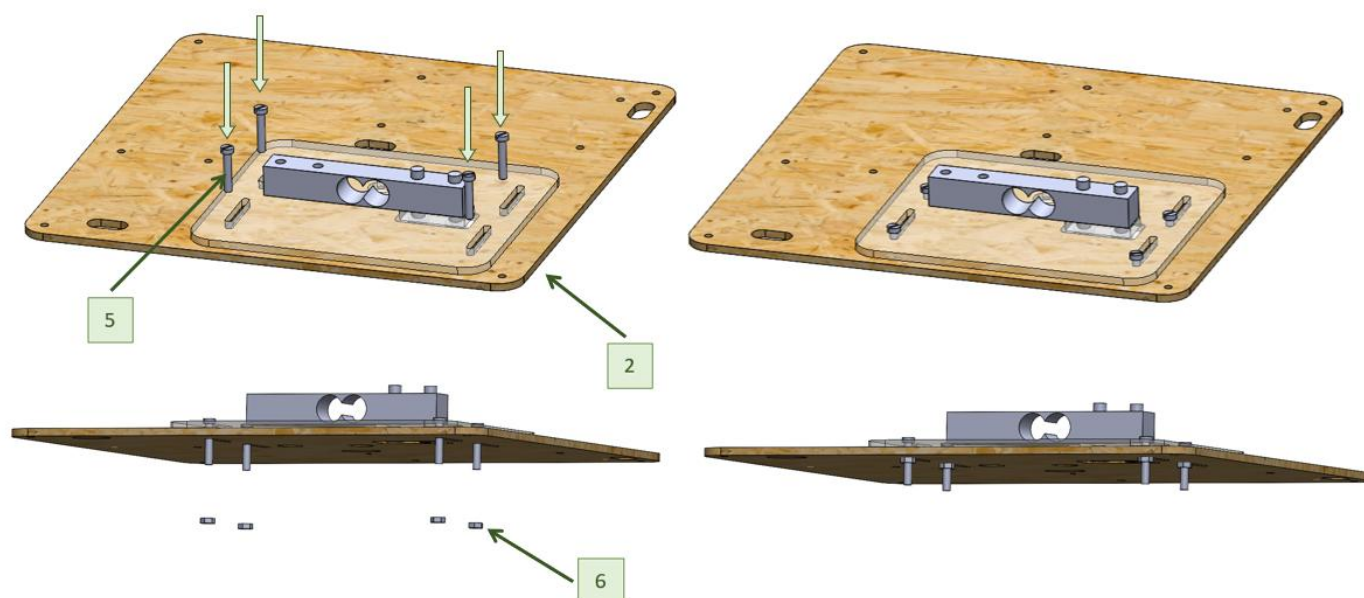
a. Assemblage de la partie opérative

①



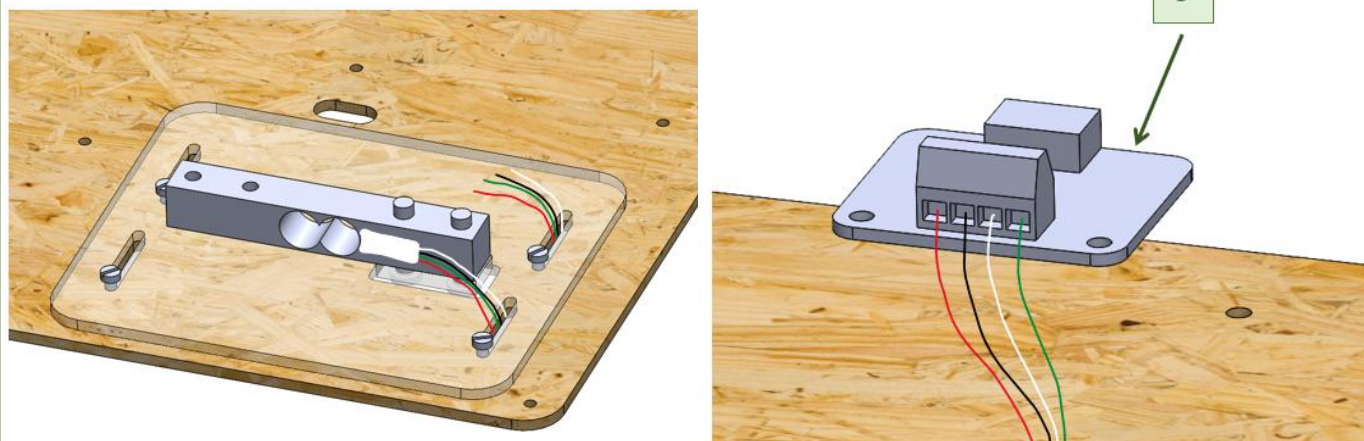
- Assembler le capteur de poids, la pièce percée (trous de Ø5mm) en PMMA et le dessous de la balance avec deux vis M5 L20mm en vissant par le dessous.

②



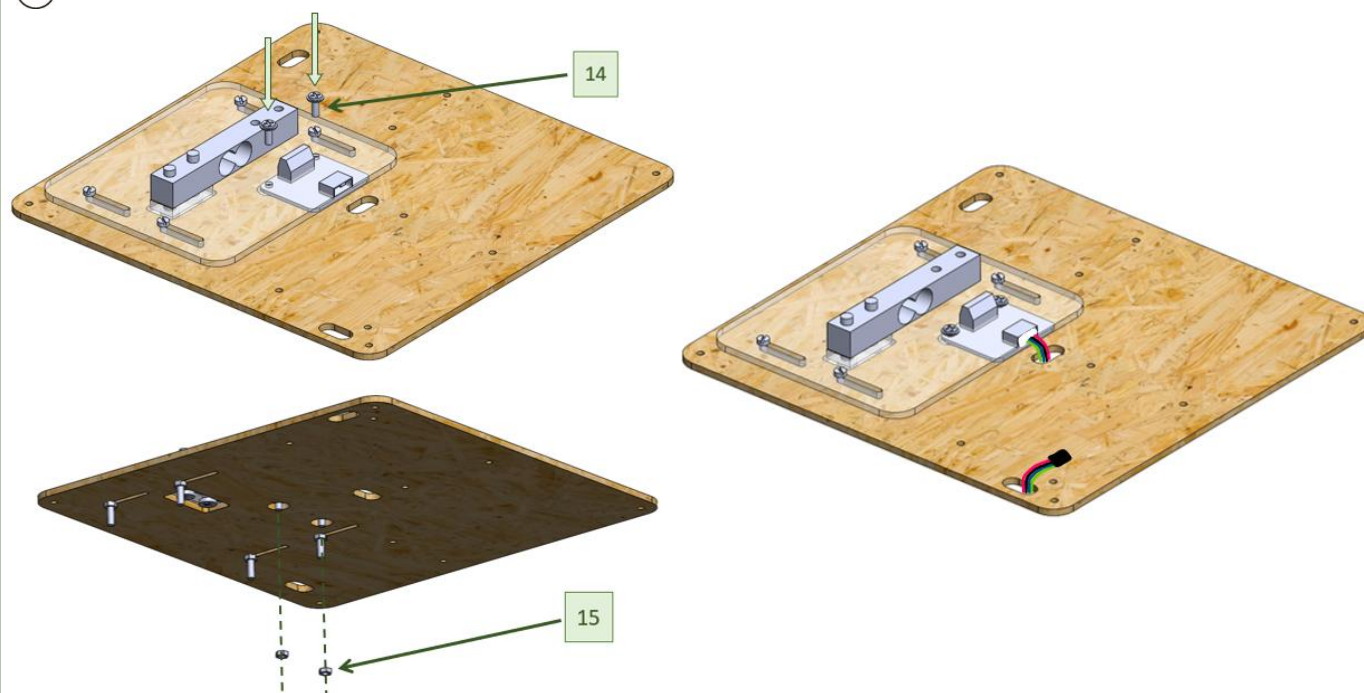
- Fixer le dessous de la balance assemblé à l'étape précédente au dessus du support avec 4 vis M3 L16mm et 4 écrous M3.

3

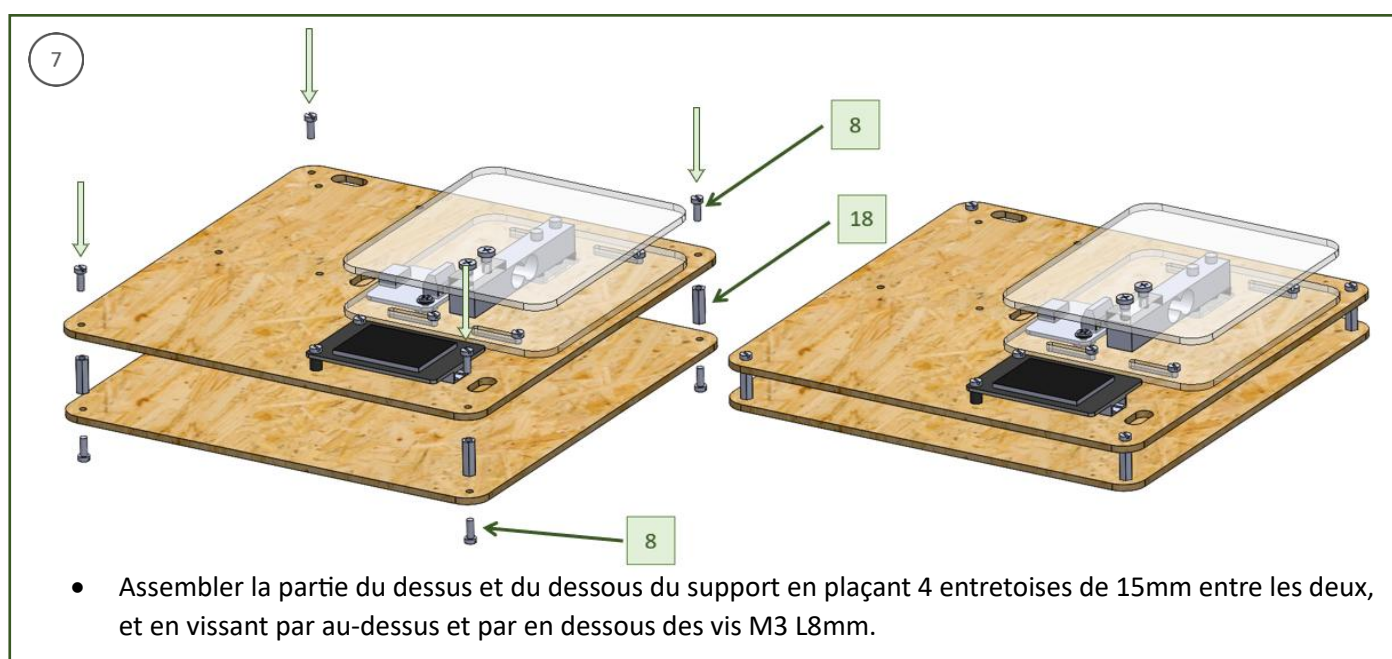
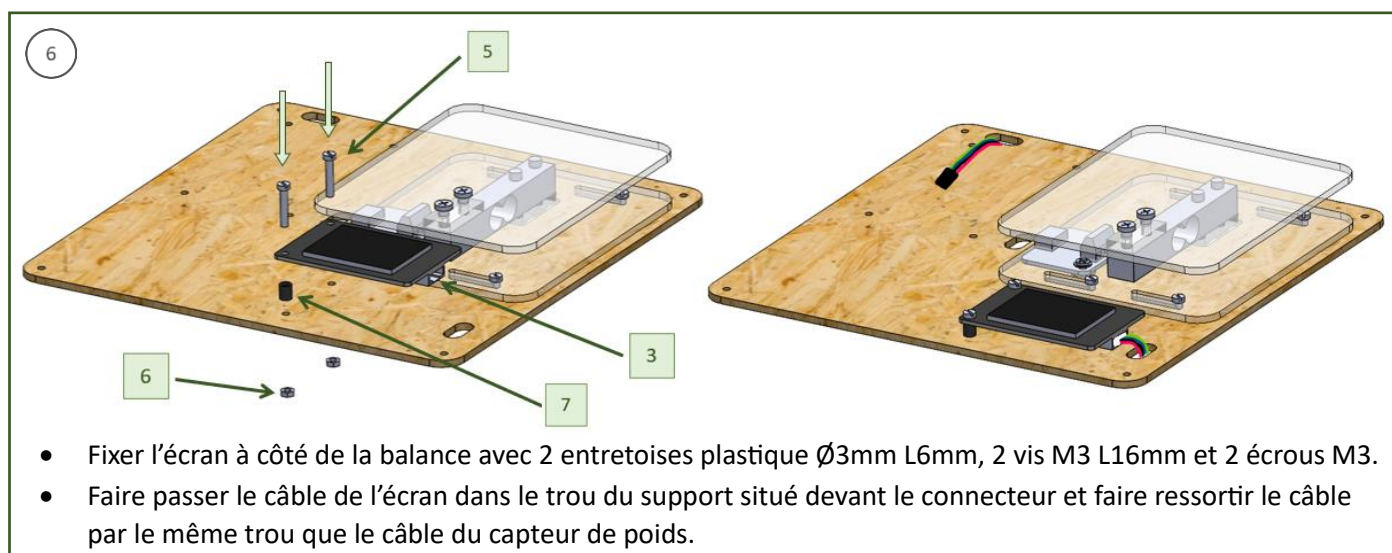
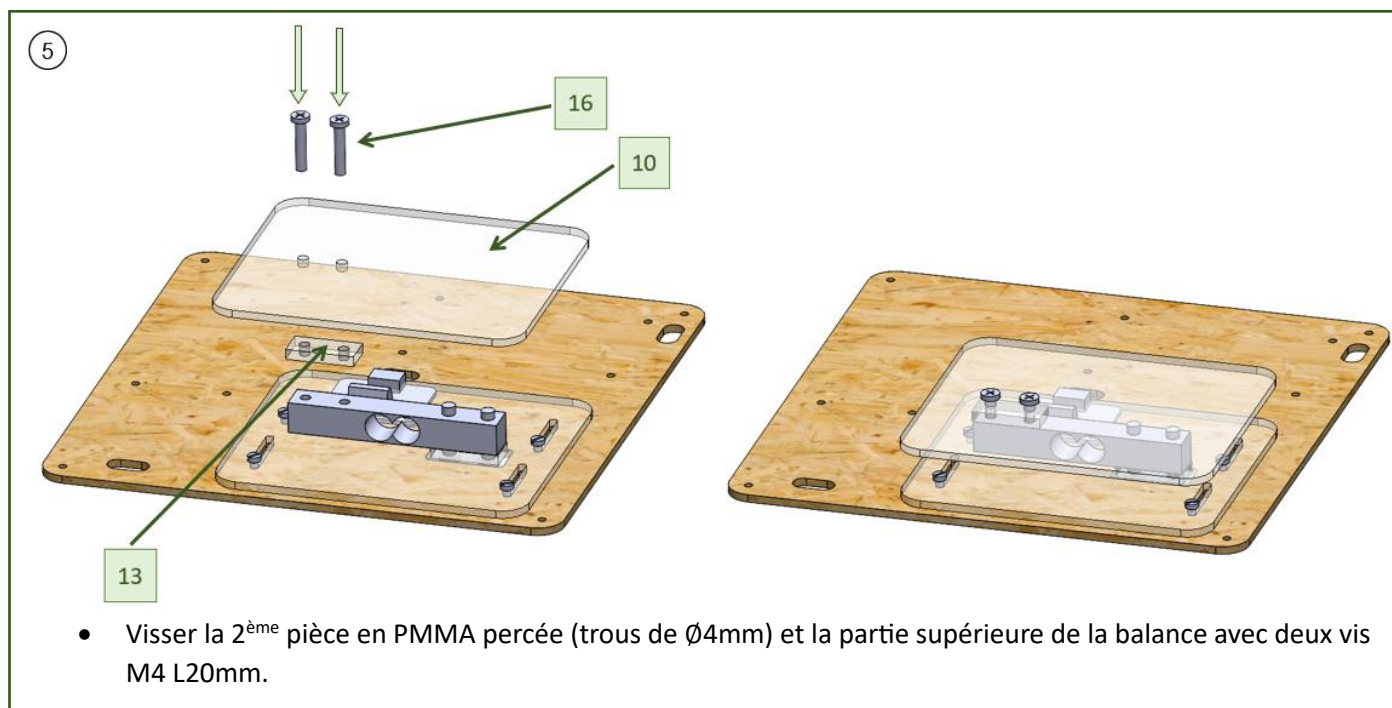


- Faire passer les fils dans le dessous de la balance et dans les trous du support comme indiqué sur l'image de gauche.
- Les connecter au bornier de l'autre partie du capteur de poids, de la même façon que sur l'image de droite.

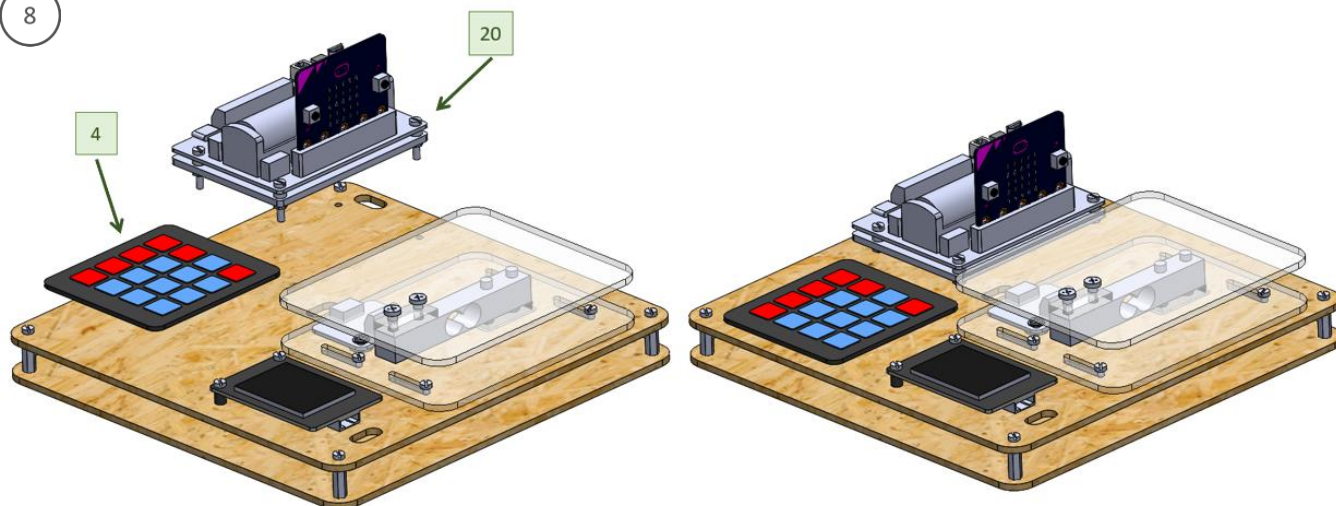
4



- Fixer le module sur la pièce en PMMA avec les deux vis M3 L8mm du kit ainsi que deux écrous M3 du kit.
- Faire passer le câble du capteur sous le support et le faire ressortir comme indiqué sur l'image de droite.



8



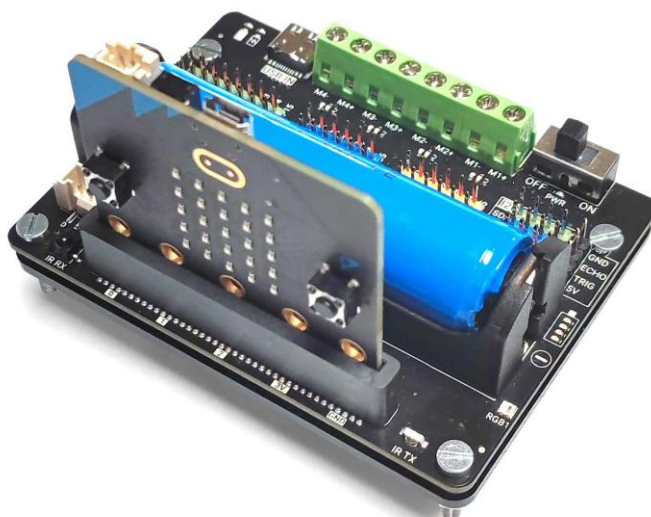
- Coller le clavier (autocollant) sur le dessus du support et placer la carte d'extension préalablement assemblée (voir page 16) sur les 4 trous restant.

b. Installation de la carte d'extension sur la maquette

Un jeu de 4 vis M3 x 16 mm et de 4 écrous hexagonaux M3 est fourni avec la carte. Ces éléments remplacent les vis d'origine qui maintiennent la plaque de protection en PMMA sous la carte, afin de permettre son installation sur la maquette.

Étape préalable :

- Retirer les 4 vis situées sous la plaque de protection.
- Installer à leur place les vis M3 x 16 mm, en les vissant par le dessus.



Deux configurations de montage sont possibles :

1. Montage fixe sur la maquette

Visser les écrous sous la base de la maquette (élément numéro 2) afin de maintenir solidement la carte en place.

2. Montage modulaire

Visser les écrous sous la plaque de la carte. Les vis dépassent alors suffisamment pour venir se loger dans les empreintes de la maquette et guider le positionnement de la carte. Cette configuration permet un maintien correct tout en conservant une carte facilement amovible, notamment dans le cadre d'une utilisation partagée entre plusieurs maquettes.

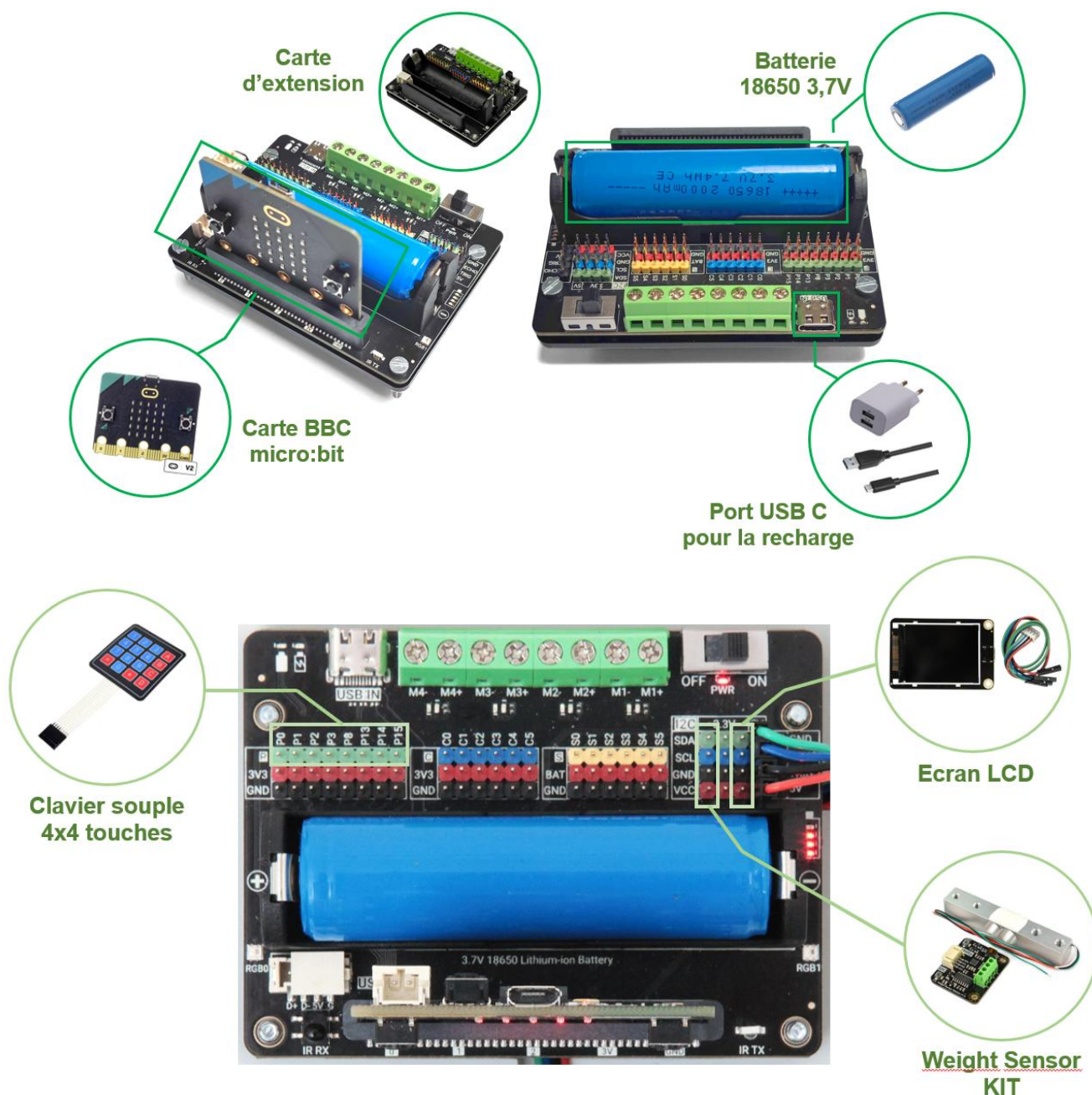
c. Connexion des composants à la carte d'extension

Connecter les composants selon le schéma ci-dessous :

- Insérer la batterie 18650 dans le support de la carte d'extension. Faire attention aux sens des polarités.

Note : Il est normal de devoir légèrement forcer, car notre batterie possède un système de protection des surintensités à son extrémité, ce qui allonge sa longueur de quelques millimètres.

- Insérer la carte micro:bit dans le connecteur de la carte d'extension.
- Relier la carte d'extension à une source d'énergie par le connecteur USB C. Il est possible de charger la batterie à partir d'un port USB d'un ordinateur ou d'un bloc secteur.
- Connecter l'écran et le capteur de la balance sur les broches I2C 3V3.
- Connecter le clavier aux broches vertes P0 à P15.



V. Mise en service

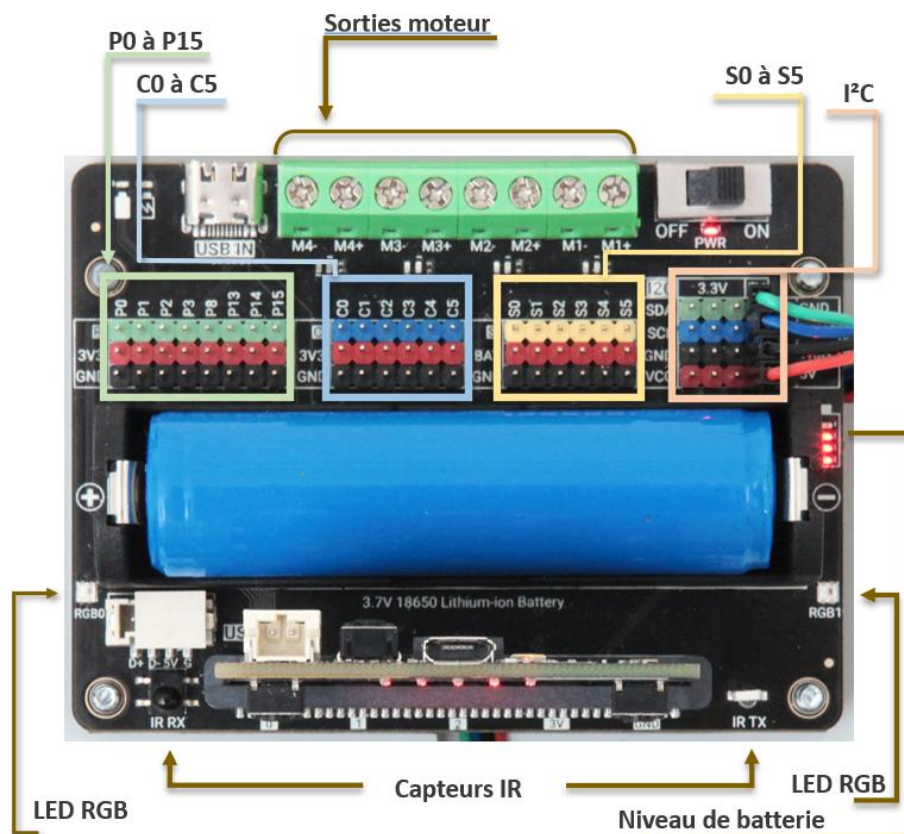
a. Mise en service de la carte BBC micro:bit et de la carte d'extension

La DFR1216 est une carte d'extension pour la BBC micro:bit. Elle permet de connecter facilement différents éléments d'une maquette, comme des capteurs, des servomoteurs, des moteurs, des LED ou encore un écran. Elle sert à la fois à alimenter les éléments du système et à faciliter les connexions entre la micro:bit et les différents modules.

La carte peut être alimentée par une batterie 18650. Cette batterie permet de rendre le système autonome et d'alimenter la micro:bit ainsi que les différents modules connectés à la carte. La DFR1216 peut également être alimentée par une source USB 5 V. La carte est équipée d'un circuit de charge qui permet de recharger la batterie via USB sans avoir à manipuler celle-ci.

La carte d'extension possède plusieurs types de connexions (voir illustration ci-dessous) :

- 8 entrées/sorties directement reliées à la carte micro:bit (*repérés P0, P1, P2, P3, P8, P13, P14 et P15*) ;
- 6 entrées/sorties supplémentaires qui peuvent être utilisées en analogiques ou en numérique pour raccorder des capteurs ou des actionneurs (*repérés C0 à C5*) ;
- 6 sorties pour servomoteurs (*repérés S0 à S5*) ;
- 4 sorties pour moteurs à courants continus jusqu'à 4,2V ;
- 2 LED RGB intégrées ;
- 3 connexions I2C en 3,3V + 1 I2C en 5V.



Les ports d'entrées/sorties fonctionnent en 3,3 V. Ils permettent de connecter des capteurs simples utilisés dans les maquettes pédagogiques, par exemple un capteur de proximité, un bouton ou un autre module numérique ou analogique.

Les différents modules se branchent sur la carte à l'aide de connecteurs Dupont, ce qui rend le câblage simple et rapide. Les 4 sorties moteurs sont quant à elles équipées de borniers à vis, afin d'assurer un raccordement plus fiable des moteurs.

La carte possède également des interfaces I2C pour la communication avec certains modules, comme un écran. Elle dispose notamment d'un port I2C en 5 V, utile pour des périphériques nécessitant cette tension, par exemple une caméra HuskyLens 2. Les autres ports I2C fonctionnent en 3,3 V.

Les sorties servomoteurs permettent de piloter directement des servomoteurs depuis la micro:bit. Les sorties moteurs permettent de commander des moteurs à courant continu à partir de l'alimentation générale de la carte.

La carte d'extension n'est pas une carte de programmation. La programmation s'effectue sur la BBC micro:bit, à l'aide de l'interface web MakeCode (<https://makecode.microbit.org/#editor>).

Pour téléverser le programme, la carte BBC micro:bit doit être reliée à l'ordinateur par son port USB. Il n'est pas obligatoire de la laisser connectée à la carte d'extension pendant cette étape.

Une fois le programme transféré dans la carte BBC micro:bit, la connexion à l'ordinateur n'est plus nécessaire. Lorsque la micro:bit est insérée sur la carte DFR1216 et que celle-ci est alimentée, le programme se lance automatiquement.

VI. Généralité sur la programmation de la balance

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 spécialement créées par a4Technologie pour faciliter la programmation et la compréhension de nos maquettes.

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 de la balance

Après l'assemblage et les connexions de la maquette, vérifier le bon fonctionnement et les bons branchements de celle-ci en téléversant le programme de test « **MIS-WEI-PROG-TEST.hex** »

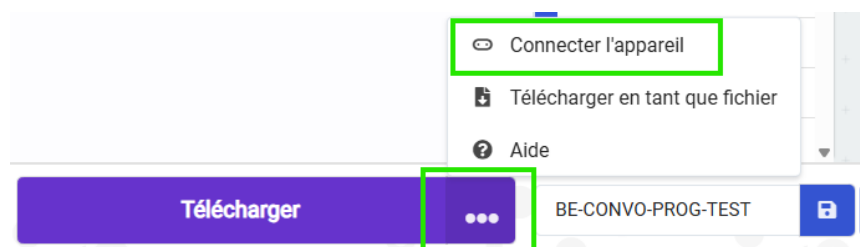
Ce fichier est disponible dans les ressources du projet sur www.a4.fr

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

1. Lancer 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 MIS-WEI-PROG-TEST.hex (télécharger sur le site www.a4.fr)
6. Cliquer sur **les 3 points** en bas à gauche, puis sur « **Connecter l'appareil** ».

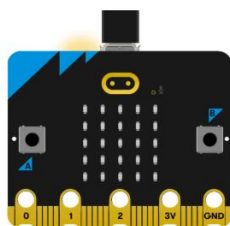


Importer



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

1. Connectez votre micro:bit à votre ordinateur



Suivant

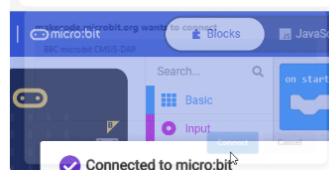
8. Cliquer sur le bouton « **Associer** ».

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

BBC micro:bit CMSIS-DAP

?

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 :

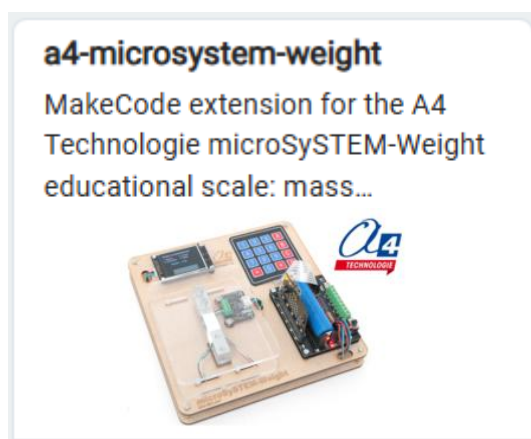
Tests	Résultats
1. Au démarrage	L'écran s'initialise en fond blanc et affiche : • Masse mesurée : • Touche clavier :
2. Placer un objet sur la balance	La masse mesurée évolue
3. Appuyer sur les boutons du clavier	L'écran affiche la touche appuyée. <i>Note : si les touches affichées ne correspondent pas, il faut très certainement inverser le branchement du connecteur 8 broches du clavier !</i>

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>.

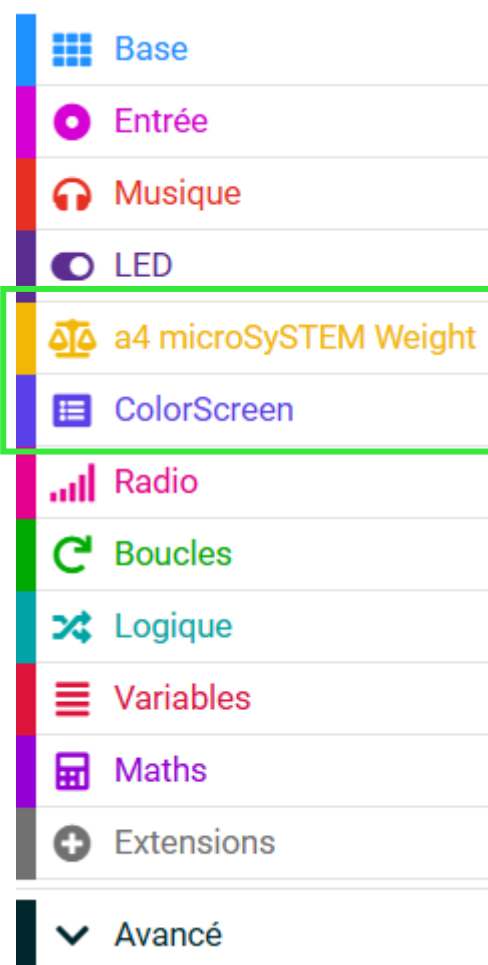
c. Extension pour la balance

Pour programmer la maquette, il faut ajouter l'extension « a4-microsystem-weight»



Sur MakeCode, sélectionner « extensions », puis rechercher les extensions ci-dessus en utilisant le mot clé : « a4 ».

Ou coller le lien suivant : <https://github.com/A4-TECHNOLOGIE/a4-microSySTEM-Weight>



Des nouvelles catégories de blocs apparaissent dans MakeCode. Les blocs utiles pour la maquette de la balance intelligente sont décrits dans le tableau ci-dessous.

L'extension a4 microSySTEM Weight charge automatiquement l'extension de l'écran LCD couleur.

initialiser la balance

Initialise la communication I2C avec le module de pesage KIT0176. Le bloc effectue plusieurs mesures du plateau vide afin de déterminer la valeur initiale de référence.

Il est recommandé de placer ce bloc dans « au démarrage », lorsque le plateau est vide et stable. Les autres blocs de pesage peuvent initialiser automatiquement la balance, mais une initialisation explicite rend le programme plus clair.

effectuer la tare

Définit la charge actuellement placée sur le plateau comme nouvelle valeur zéro. Cette fonction permet, par exemple, de ne pas tenir compte de la masse d'un récipient.

Pendant la tare, la balance réalise plusieurs mesures afin d'obtenir une valeur stable. Le plateau ne doit pas être touché ou déplacé pendant cette opération. La tare ne modifie pas le facteur d'étalonnage.

lire la masse (g)

Renvoie la masse mesurée en grammes. La valeur est calculée à partir de la mesure brute du capteur, de la valeur de tare et du facteur d'étalonnage.

Plusieurs mesures sont automatiquement moyennées afin de stabiliser le résultat. Une masse inférieure à environ 0,5 g est considérée comme nulle. Pour obtenir un affichage sans décimale, il est possible d'utiliser le bloc arrondir de la catégorie Maths.

balance connectée

Renvoie vrai lorsque le module de pesage répond et transmet une mesure valide. Il renvoie faux si le module n'est pas détecté ou si la communication I2C échoue.

Ce bloc peut être placé dans une condition afin d'afficher un message comme « CAPTEUR OK » ou « CAPTEUR ABSENT ». Il vérifie la communication avec le module, mais pas la précision de son étalonnage.

commencer l'étalonnage de la balance

Démarre la première étape de la procédure d'étalonnage. Le plateau doit être entièrement vide lorsque ce bloc est exécuté.

Le bloc effectue une tare, stabilise la mesure puis enregistre la valeur brute correspondant à la balance vide. Après cette étape, il faut placer la masse étalon au centre du plateau sans effectuer une nouvelle tare.

étalonner la balance avec une masse étalon de 100 g

Termine la procédure d'étalonnage. Après avoir exécuté le bloc précédent, placer la masse étalon de 100 g au centre du plateau, attendre que la mesure soit stable puis exécuter ce bloc.

Le programme compare la mesure du plateau vide à celle obtenue avec la masse connue et calcule automatiquement le facteur d'étalonnage. Le bloc renvoie vrai lorsque l'opération a réussi et faux en cas d'échec. Il doit donc être utilisé dans une condition.

Le facteur calculé reste actif jusqu'au redémarrage de la carte micro:bit. Il n'est pas enregistré de manière permanente.

initialiser le clavier 4x4

Configure les huit broches nécessaires au fonctionnement du clavier matriciel. Le câblage utilisé par la maquette est :

- rangées : P15, P14, P13 et P8 ;
- colonnes : P3, P2, P1 et P0.

L'utilisation de la broche P3 impose la désactivation de la matrice LED de la carte micro:bit. Il est recommandé de placer ce bloc dans au démarrage.

lire la touche du clavier

Renvoie sous forme de texte la touche actuellement pressée : 0 à 9, A à D, * ou #.

Lorsque aucune touche n'est pressée, le bloc renvoie un texte vide. Une temporisation interne limite les détections provoquées par les rebonds mécaniques du clavier. Dans une boucle, une touche maintenue peut cependant être lue plusieurs fois.

attendre l'appui sur une touche

Interrompt le programme jusqu'à ce que l'utilisateur appuie sur une touche du clavier. La touche est renvoyée sous forme de texte après son relâchement.

Ce bloc est particulièrement adapté à la réalisation d'un menu ou à la sélection d'un produit. Comme il met en attente la partie du programme dans laquelle il est utilisé, il ne convient pas lorsqu'une autre action doit continuer simultanément.

la touche **1 ▼** du clavier est pressée

Renvoie vrai lorsque la touche sélectionnée dans le menu déroulant est actuellement pressée. Les 16 touches du clavier sont disponibles dans le menu.

Ce bloc s'utilise dans une condition pour déclencher directement une action, par exemple sélectionner un fruit, valider une saisie ou effacer une information. Contrairement au bloc précédent, il n'attend pas le relâchement de la touche.

ColorScreen

L'ensemble des fonctions et des blocs sont détaillés dans les pages wiki de l'écran à l'adresse suivante : <https://wiki.dfrobot.com/dfrobot0997/docs/23247>



VII. Activités de programmation

La suite de ce livret propose une découverte progressive des différentes fonctions de la maquette microSySTEM-Weight. Les élèves apprennent à afficher des informations sur l'écran LCD, mesurer une masse, effectuer une tare, étalonner la balance et utiliser le clavier matriciel.

Chaque chapitre peut être utilisé comme une activité de prise en main avant la réalisation du programme complet. Les séances peuvent être conduites en petits groupes afin de favoriser l'expérimentation, les essais et le diagnostic.

La maquette met principalement en évidence la chaîne d'information : le capteur acquiert une grandeur physique, la carte BBC micro:bit traite les données, puis l'écran LCD restitue les informations à l'utilisateur. Le clavier et les boutons permettent à l'utilisateur d'agir sur le fonctionnement du système.

Les activités proposées conduisent progressivement à la réalisation d'une balance commerciale capable d'identifier un produit, de mesurer sa masse et de calculer son prix.

Schéma bloc - Chaîne d'information et chaîne d'énergie

Système : microSySTEM-Weight

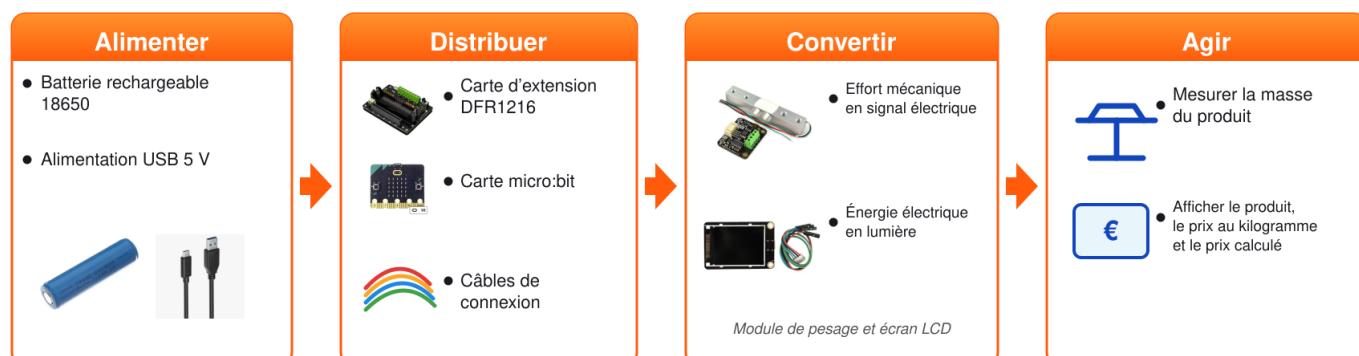
Fonction globale

Mesurer la masse d'un produit, le sélectionner et calculer puis afficher son prix.

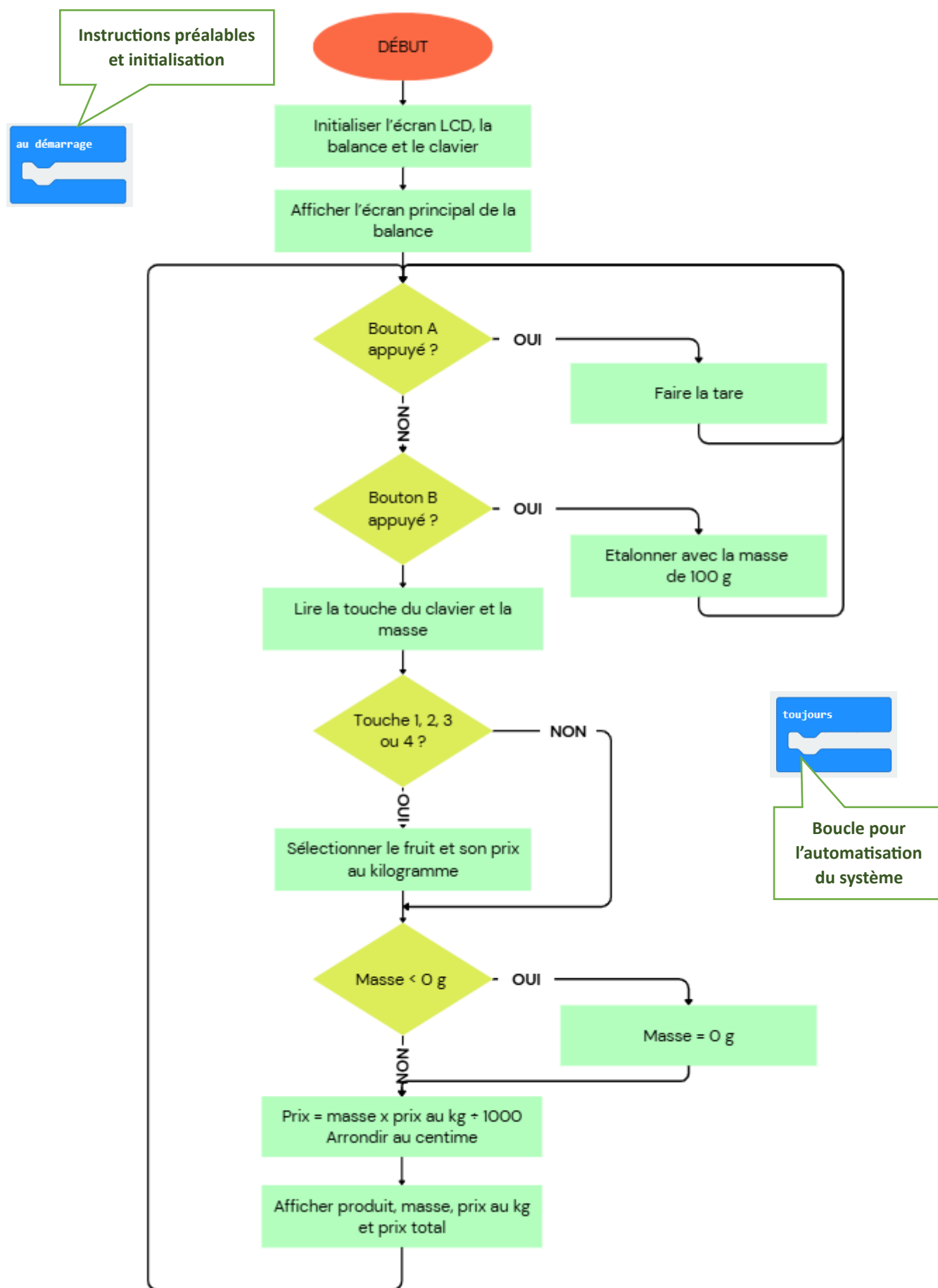
CHAÎNE D'INFORMATION



CHAÎNE D'ÉNERGIE



L'algorithme simplifié du programme complet de la balance intelligente (MIS-WEI-PROG-TP8) :



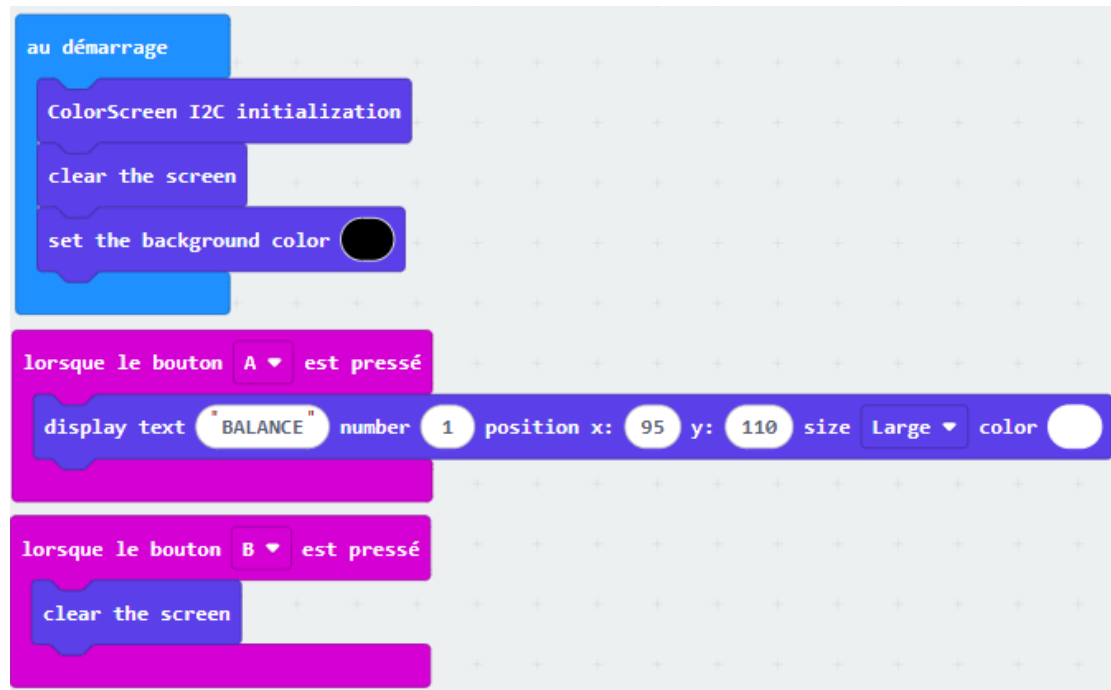
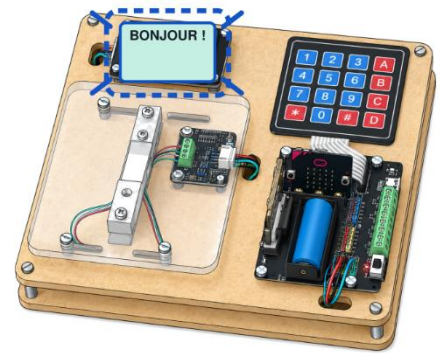
a. Afficher une information sur l'écran LCD

Capteur : boutons-poussoirs de la carte BBC micro:bit

Actionneur : écran LCD couleur

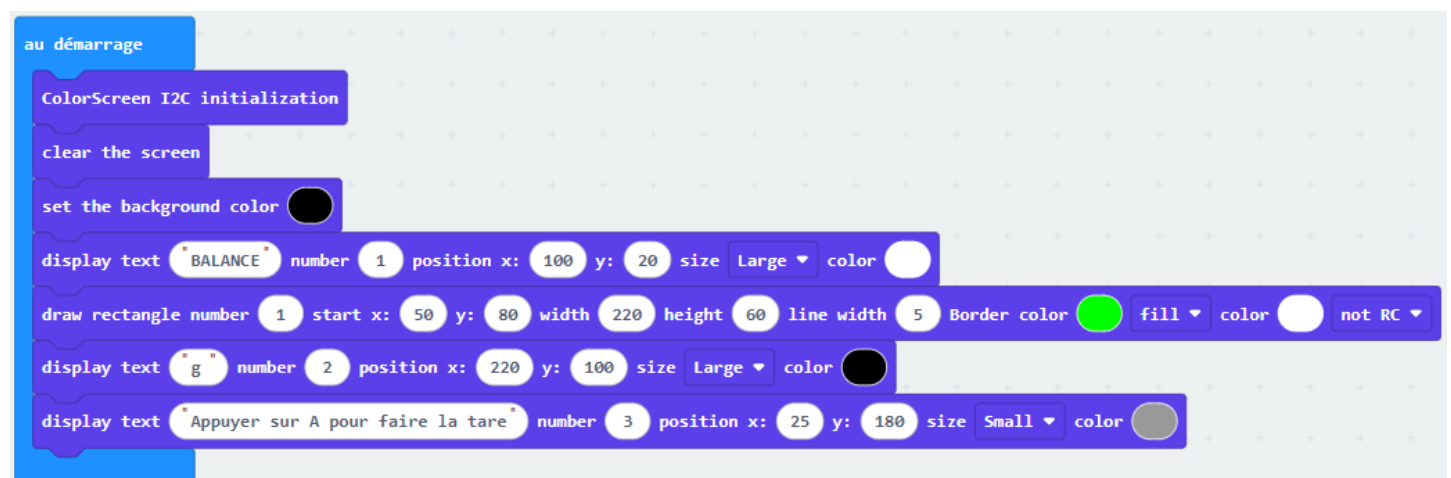
But du programme (MIS-WEI-PROG-TP1.hex) :

Initialiser l'écran LCD et afficher le titre « BALANCE ». Le bouton A permet d'afficher un message et le bouton B d'effacer ou de modifier l'écran.



Programme avancé (MIS-WEI-PROG-TP1-AV.hex) :

Créer l'écran d'accueil structuré d'une balance avec une zone réservée à la masse mesurée et une indication relative au bouton A qui permet de faire la tare.



b. Mesurer et afficher une masse

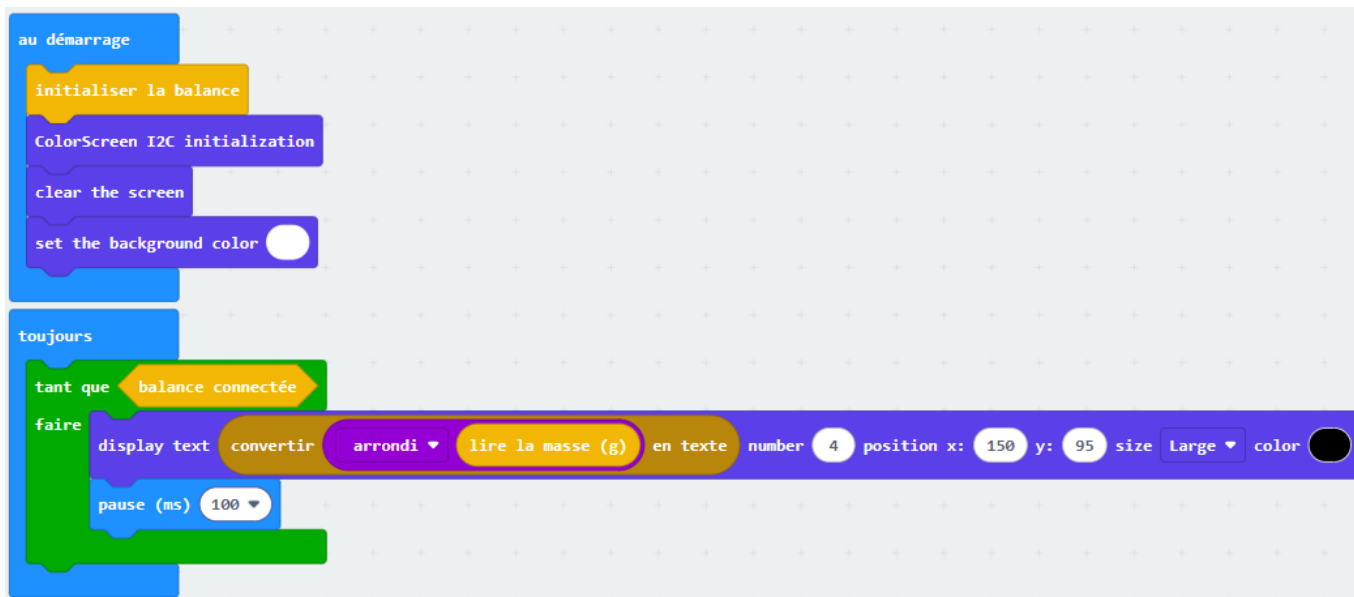
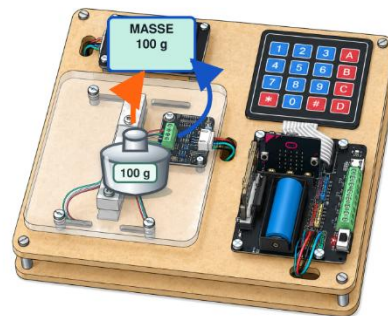
Capteur : module de pesage I2C KIT0176

Actionneur : écran LCD couleur

But du programme (MIS-WEI-PROG-TP2.hex) :

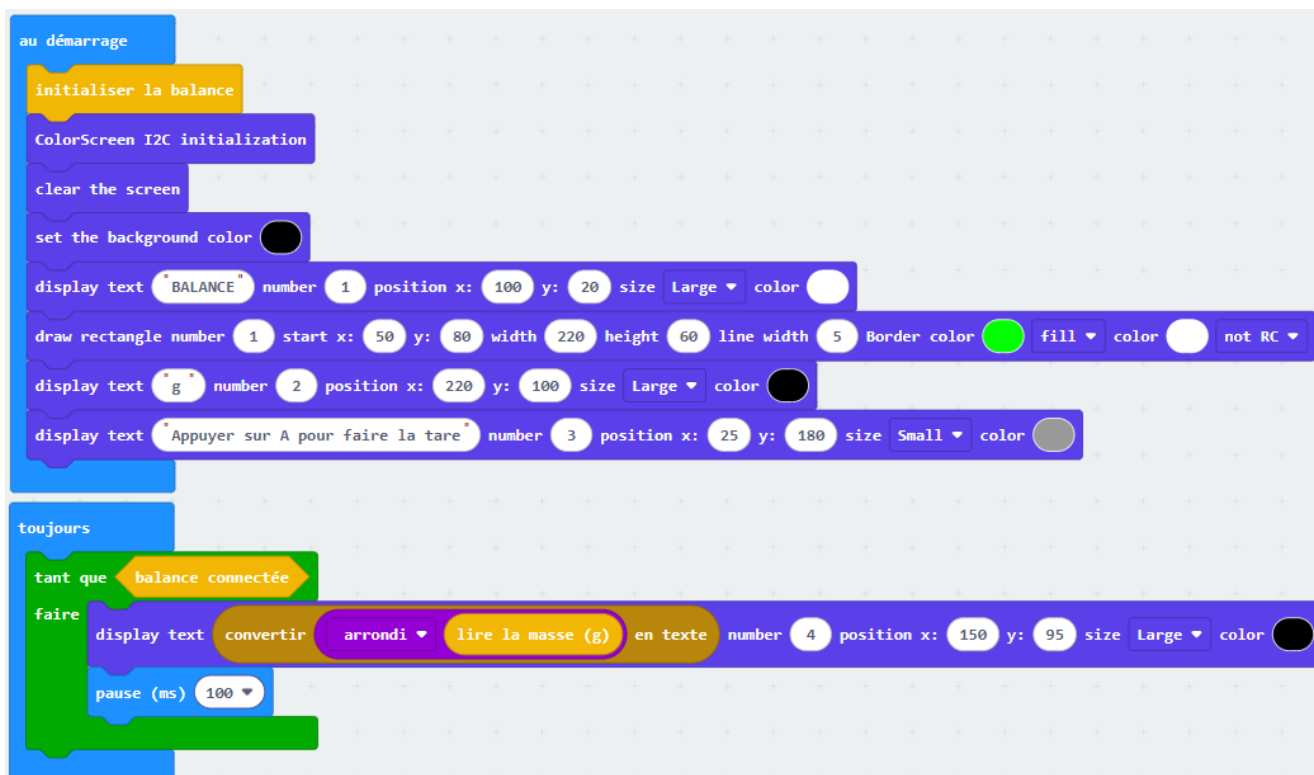
Initialiser la balance, vérifier que le module de pesage est connecté, puis lire et afficher continuellement la masse en grammes.

La valeur fournie par la balance est arrondie avant son affichage. Une pause est ajoutée dans la boucle afin d'éviter un rafraîchissement trop rapide de l'écran.



Programme avancé (MIS-WEI-PROG-TP2-AV.hex) :

Améliorer le programme précédent en ajoutant l'affichage du TP1 avancé.



c. Effectuer la tare

Capteur : module de pesage et boutons-poussoirs de la carte BBC micro:bit

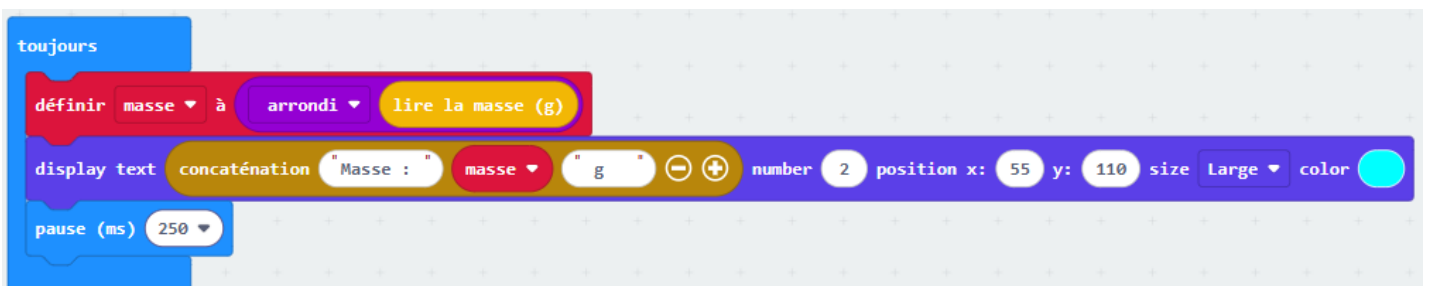
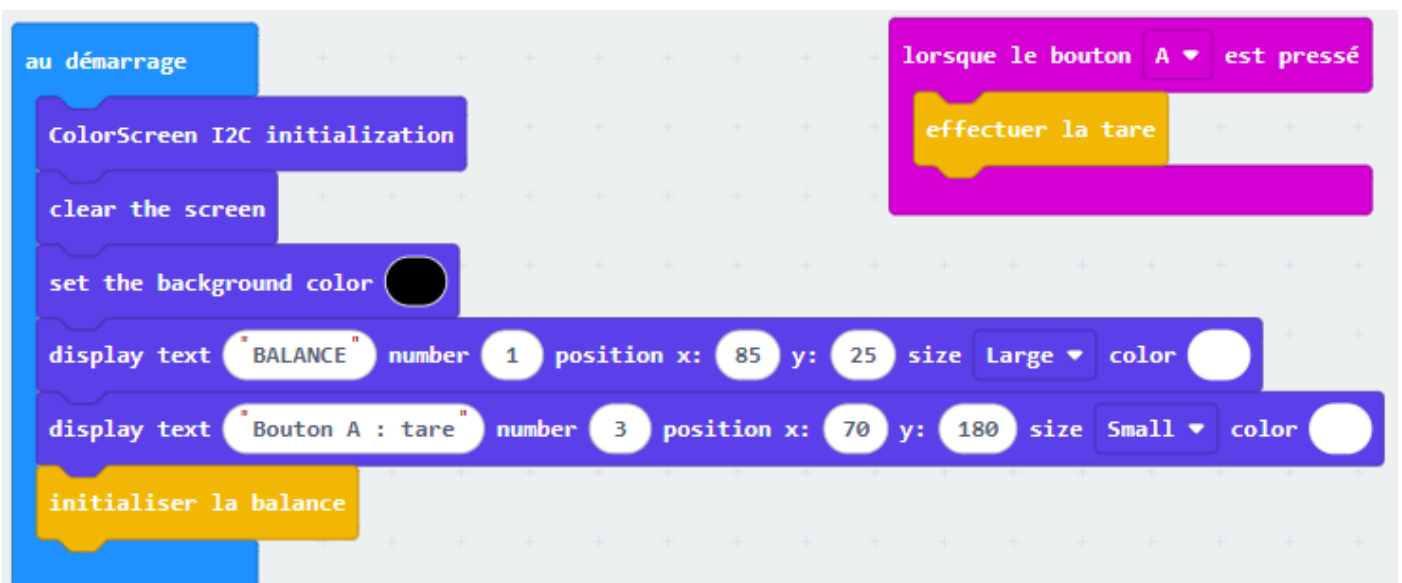
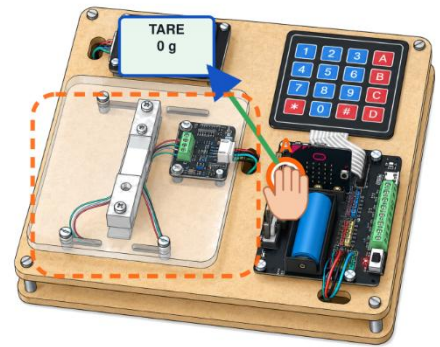
Actionneur : écran LCD couleur

But du programme (MIS-WEI-PROG-TP3.hex) :

Mesurer en permanence la masse présente sur le plateau et afficher sa valeur en grammes sur l'écran LCD.

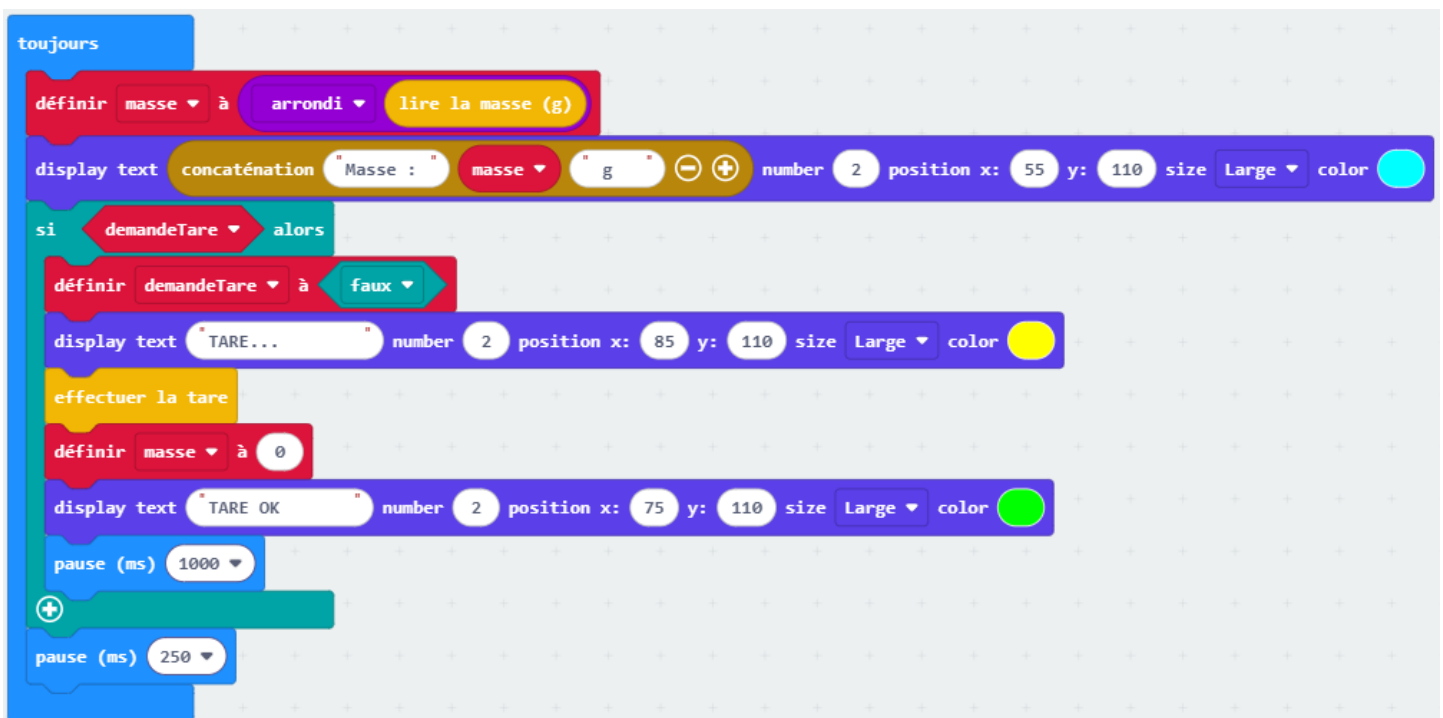
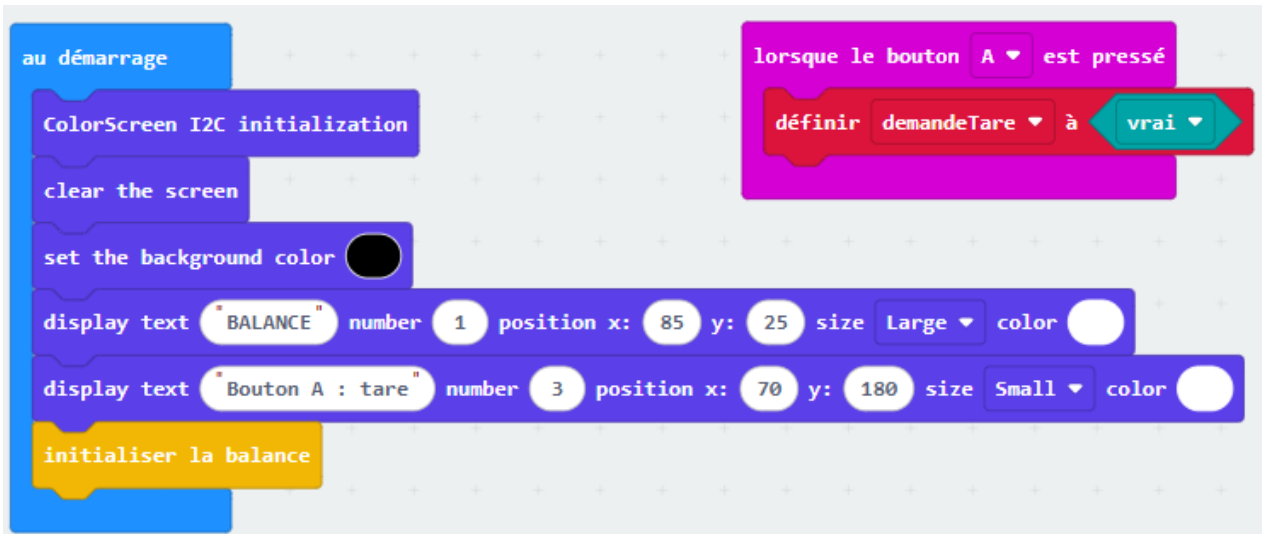
Lorsqu'on appuie sur le bouton A de la carte BBC micro:bit, le programme effectue la mise à zéro de la balance. La mesure de la masse reprend ensuite automatiquement.

La tare permet de définir la charge actuellement présente sur le plateau comme nouvelle valeur zéro. Elle peut être effectuée avec le plateau vide ou avec un récipient vide afin de mesurer uniquement la masse du produit ajouté.



Programme avancé (MIS-WEI-PROG-TP3-AV.hex) :

Ajouter au programme précédent un affichage de la tare en cours et de la tare validée, pour informer l'utilisateur.



d. Étalonner la balance avec une masse de 100 g

Capteur : module de pesage et boutons-poussoirs de la carte BBC micro:bit

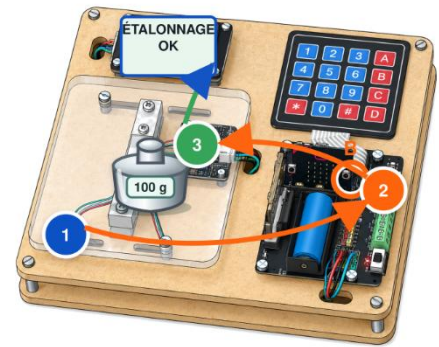
Actionneur : écran LCD couleur

But du programme (MIS-WEI-PROG-TP4.hex) :

Réaliser un étalonnage guidé en deux étapes :

- retirer toute charge du plateau et appuyer sur le bouton B ;
- attendre la fin de la mesure du plateau vide ;
- poser la masse étalon de 100 g lorsque l'écran le demande ;
- ne plus toucher la balance pendant la mesure ;
- afficher « ÉTALONNAGE OK » ou « ÉCHEC ».

Après un étalonnage réussi, la balance doit afficher une valeur de 100 g.



```
au démarrage
  ColorScreen I2C initialization
  clear the screen
  initialiser la balance
  appel afficherAccueil
```

```
toujours
  si non modeEtalonnage alors
    définir masse à arrondi lire la masse (g)
    display text concaténation "Masse : " masse " g " number 2 position x: 55 y: 105 size Large color cyan
    pause (ms) 250
  +
```

```
fonction afficherAccueil
  clear the screen
  set the background color black
  display text "TEST ETALONNAGE" number 1 position x: 30 y: 20 size Large color white
  display text "A : tare" number 3 position x: 35 y: 185 size Small color white
  display text "B : etalonner 100 g" number 4 position x: 140 y: 185 size Small color white
```



Pour aller plus loin – Étudier les performances de la balance

L'extension a4 microSySTEM Weight propose plusieurs blocs avancés permettant d'aller au-delà de la simple lecture d'une masse. Ces blocs peuvent être utilisés pour comprendre le fonctionnement d'un capteur, étudier la qualité d'une mesure ou mettre en place une démarche expérimentale.

Le bloc « facteur d'étalonnage de la balance » permet d'afficher la valeur calculée pendant l'étalonnage. Le bloc « régler le facteur d'étalonnage à... » permet de modifier manuellement cette valeur. Enfin, le bloc « valeur brute moyenne sur... mesures » donne accès aux données du capteur avant leur conversion en grammes.

Ces blocs ne sont pas indispensables au fonctionnement normal de la balance. Ils sont destinés à des activités d'approfondissement en technologie, en mathématiques ou en sciences physiques.

Protocole 1 – Vérifier la répétabilité des mesures

La répétabilité représente la capacité d'un appareil à fournir plusieurs fois un résultat proche dans les mêmes conditions.

1. Effectuer la tare avec le plateau vide.
2. Poser la masse étalon de 100 g au centre du plateau.
3. Relever la masse affichée.
4. Retirer complètement la masse.
5. Recommencer la mesure au moins cinq fois sans effectuer une nouvelle tare.
6. Reporter les résultats dans un tableau.

Comparer ensuite la plus petite et la plus grande valeur obtenue. Plus l'écart entre ces deux valeurs est faible, plus la mesure est répétable.

On peut calculer l'étendue des mesures :

Étendue = valeur maximale – valeur minimale

Protocole 2 – Mesurer l'erreur de mesure

Ce protocole permet de comparer la valeur indiquée par la balance à une valeur connue.

1. Effectuer la tare.
2. Poser une masse connue sur le plateau.
3. Relever la masse mesurée.
4. Calculer l'écart entre la valeur mesurée et la valeur attendue.
5. Recommencer avec plusieurs masses ou objets dont la masse a été déterminée avec une balance de référence.

L'erreur de mesure se calcule ainsi :

Erreur = masse mesurée – masse attendue

Une erreur négative signifie que la balance sous-estime la masse. Une erreur positive signifie qu'elle la surestime.

Pour une étude plus approfondie, on peut également calculer l'erreur relative :

Erreur relative (%) = $| \text{erreur} | \div \text{masse attendue} \times 100$

Protocole 3 – Étudier la linéarité de la balance

Une balance est linéaire lorsque l'augmentation de la valeur mesurée est proportionnelle à l'augmentation de la masse déposée.

1. Effectuer la tare.
2. Mesurer successivement plusieurs masses connues.
3. Reporter dans un tableau la masse attendue et la masse mesurée.
4. Tracer un graphique représentant la masse mesurée en fonction de la masse attendue.

Les points obtenus doivent être proches d'une droite. Plus ils sont proches de la droite idéale, plus la balance est linéaire.

Protocole 4 – Étudier l'influence de la position

La valeur mesurée peut varier légèrement selon la position de l'objet sur le plateau.

1. Effectuer la tare.
2. Placer la masse étalon de 100 g au centre du plateau et relever la mesure.
3. Déplacer la même masse vers chacun des quatre coins du plateau.
4. Relever la valeur obtenue pour chaque position.
5. Comparer les cinq résultats.

Cette expérience permet d'étudier l'influence du montage mécanique et de la répartition de l'effort sur le capteur de masse.

Protocole 5 – Observer la dérive du zéro

La dérive correspond à une variation progressive de la mesure alors que la charge ne change pas.

1. Effectuer la tare avec le plateau vide.
2. Ne plus toucher la maquette.
3. Relever la valeur affichée immédiatement, puis après 1, 2 et 5 minutes.
4. Comparer les résultats.

On peut ensuite renouveler l'expérience avec la masse étalon de 100 g laissée sur le plateau.

Protocole 6 – Étudier l'effet du nombre de mesures

Le bloc « valeur brute moyenne sur... mesures » permet de choisir le nombre de mesures utilisées pour calculer une moyenne.

1. Relever la valeur brute avec une seule mesure.
2. Recommencer avec 5, 10 puis 20 mesures.
3. Observer la stabilité de la valeur obtenue.
4. Comparer également le temps nécessaire pour actualiser l'affichage.

Une moyenne calculée avec un grand nombre de mesures est généralement plus stable, mais elle demande davantage de temps. Cette expérience met en évidence le compromis entre la stabilité de la mesure et la rapidité de réaction du système.

Exploitation des résultats

Les résultats peuvent être présentés dans un tableau ou dans un graphique réalisé avec un tableur. Les élèves peuvent alors comparer la répétabilité, la justesse, la stabilité et la linéarité de la balance.

Ces activités permettent d'aborder simplement les notions de mesure, d'erreur, de moyenne, d'étalonnage et d'incertitude, tout en mettant en œuvre une véritable démarche expérimentale.

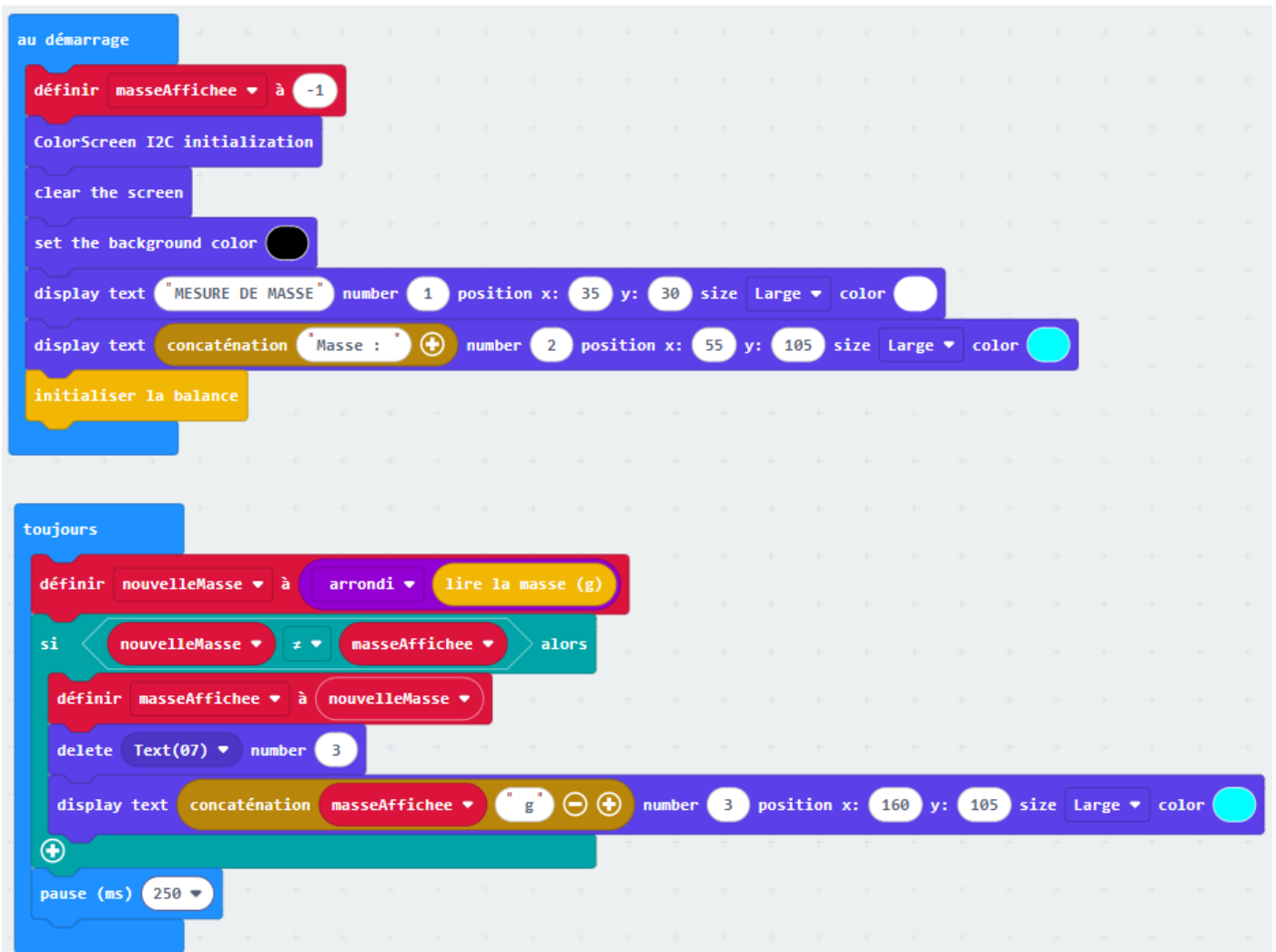
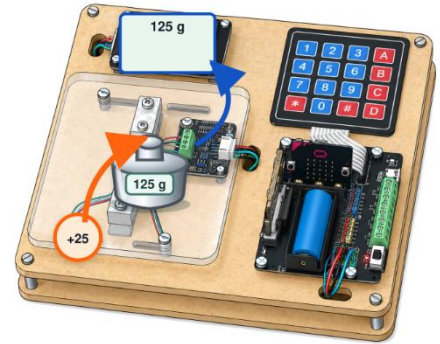
e. Stabiliser et exploiter la mesure

Capteur : module de pesage

Actionneur : écran LCD couleur

But du programme (MIS-WEI-PROG-TP5.hex) :

Limiter le rafraîchissement de l'écran aux variations significatives de la masse. La nouvelle valeur n'est affichée que si elle diffère suffisamment de la précédente.



Programme avancé (MIS-WEI-PROG-TP5-AV.hex) :

Compter des objets identiques à partir de leur masse. Après avoir déterminé la masse d'un objet, le programme calcule : **Nombre d'objets = masse totale ÷ masse d'un objet**

Le résultat est arrondi à l'entier le plus proche.

```
au démarrage
  définir masseAffichee à -1
  ColorScreen I2C initialization
  clear the screen
  set the background color
  display text "COMPTER DES OBJETS" number 1 position x: 25 y: 25 size Large color
  display text "A : tare B : reference" number 4 position x: 45 y: 185 size Small color
  initialiser la balance
```

```
lorsque le bouton A est pressé
  effectuer la tare
  définir masseAffichee à -1

lorsque le bouton B est pressé
  définir masseReference à arrondi lire la masse (g)
  définir masseAffichee à -1
```

```
toujours
  définir masse à arrondi lire la masse (g)
  si masse ≠ masseAffichee alors
    définir masseAffichee à masse
  si masseReference > 0 alors
    définir nombreObjets à arrondi masse / masseReference
  sinon
    définir nombreObjets à 0
  si nombreObjets < 0 alors
    définir nombreObjets à 0
  delete Text(07) number 2
  delete Text(07) number 3
  display text concaténation "Masse : " masse " g" number 2 position x: 55 y: 85 size Large color
  display text concaténation "Nombre : " nombreObjets number 3 position x: 65 y: 135 size Large color
  pause (ms) 250
```

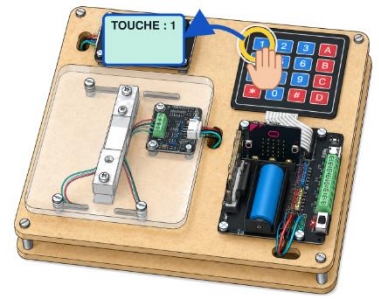
f. Lire le clavier 4x4

Capteur : clavier matriciel 4x4

Actionneur : écran LCD couleur

But du programme (MIS-WEI-PROG-TP6.hex) :

Initialiser le clavier, attendre l'appui sur une touche puis afficher cette touche sur l'écran LCD.



```
au démarrage
  ColorScreen I2C initialization
  clear the screen
  set the background color
  display text "CLAVIER 4x4" number 1 position x: 65 y: 25 size Large color
  display text "Appuyer sur une touche" number 2 position x: 40 y: 85 size Small color
  initialiser le clavier 4x4

toujours
  définir touche à attendre l'appui sur une touche
  display text concaténation "Touche : " touche " " number 3 position x: 75 y: 135 size Large color
```

Programme avancé (MIS-WEI-PROG-TP6-AV.hex) :

Réaliser une saisie de plusieurs caractères : les touches complètent la valeur saisie ; la touche * efface la saisie.

```
au démarrage
  ColorScreen I2C initialization
  clear the screen
  set the background color
  display text "SAISIR DU TEXTE" number 1 position x: 45 y: 25 size Large color
  display text "* : effacer" number 4 position x: 95 y: 185 size Small color
  initialiser le clavier 4x4

toujours
  définir touche à attendre l'appui sur une touche
  si touche = "*" alors
    définir saisie à ""
  sinon
    définir saisie à concaténation saisie touche " "
  +
  display text saisie number 2 position x: 55 y: 100 size Large color
```

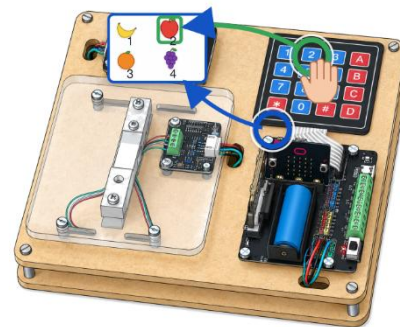
g. Sélectionner un fruit et son prix au kilogramme

Capteur : clavier matriciel 4x4

Actionneur : écran LCD couleur

But du programme (MIS-WEI-PROG-TP7.hex) :

Associer les touches 1 à 4 aux quatre fruits suivants :



Touche	Produit	Prix au kg
1	Banane	2,25 €/kg
2	Pomme	3,45 €/kg
3	Clémentine	2,99 €/kg
4	Raisin	4,95 €/kg

Lorsqu'une touche est pressée, le programme enregistre le nom du produit et son prix au kilogramme dans deux variables, puis les affiche sur l'écran.

```

toujours
  définir touche à attendre l'appui sur une touche
  si touche = 1 alors
    définir produit à "BANANE"
    définir prixKg à "2,25"
  sinon si touche = 2 alors
    définir produit à "POMME"
    définir prixKg à "3,45"
  sinon si touche = 3 alors
    définir produit à "CLEMENTINE"
    définir prixKg à "2,99"
  sinon si touche = 4 alors
    définir produit à "RAISIN"
    définir prixKg à "4,95"
  sinon
    définir produit à ""
    définir prixKg à ""

  display text concaténation "Produit : " produit " " number 6 position x: 20 y: 155 size Small color cyan
  display text concaténation "Prix : " prixKg " EUR/kg " number 7 position x: 45 y: 195 size Large color green

au démarrage
  ColorScreen I2C initialization
  clear the screen
  set the background color black
  display text "CHOISIR UN PRODUIT" number 1 position x: 15 y: 20 size Large color white
  display text "1 : Banane" number 2 position x: 20 y: 70 size Small color white
  display text "2 : Pomme" number 3 position x: 170 y: 70 size Small color white
  display text "3 : Clementine" number 4 position x: 20 y: 105 size Small color white
  display text "4 : Raisin" number 5 position x: 170 y: 105 size Small color white
  initialiser le clavier 4x4
  
```

Programme avancé (MIS-WEI-PROG-TP7-AV.hex) :

Créer un écran d'accueil présentant les quatre produits sous forme d'images. La touche sélectionnée est mise en évidence et une touche supplémentaire permet de revenir au menu principal.

Les images sont stockées dans la mémoire interne de l'écran :

/food icon/banana.png
/food icon/redapple.png
/food icon/grapes.png

C'est l'occasion ici de créer et mémoriser sa propre image pour la clémentine par exemple. Pour plus d'informations, consulter la page du fabricant à l'adresse suivante :

<https://wiki.dfrobot.com/dfrobot0997/docs/23247>.



h. Réaliser une balance de fruits complète

Capteur : clavier matriciel 4×4, module de pesage et boutons-poussoirs de la carte BBC micro:bit

Actionneur : écran LCD couleur

But du programme (MIS-WEI-PROG-TP8.hex) :

Réaliser le programme complet de la balance de fruits.

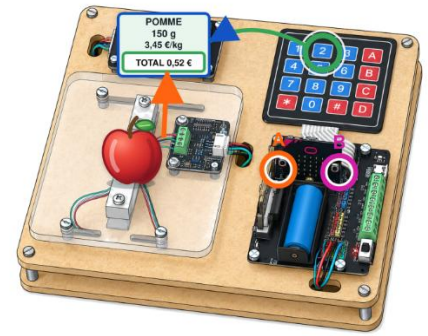
L'utilisateur sélectionne un produit avec le clavier. La balance mesure sa masse puis calcule son prix à partir de la formule :

Prix = masse en grammes × prix au kilogramme ÷ 1 000

L'écran affiche simultanément :

- la masse en grammes ;
- le produit sélectionné ;
- son prix au kilogramme ;
- le prix calculé (arrondi au centime d'euro).

Le bouton A permet d'effectuer la tare. Le bouton B lance la procédure d'étalonnage avec la masse étalon de 100 g.



```

au démarrage
définir prixTexte à "0,00"
définir produit à "AUCUN"
ColorScreen I2C initialization
initialiser la balance
initialiser le clavier 4x4
appel afficherEcranPrincipal
        
```

Initialise les variables utilisées dans le programme.

Initialise l'écran sur le port I2C, pour pouvoir définir des affichages.

Initialise la balance sur le port I2C, et effectue une tare.

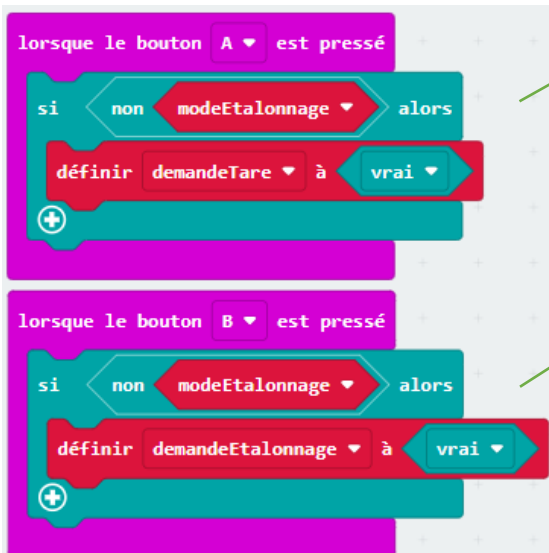
Initialise le clavier matriciel en affectant un port à chaque colonne et à chaque ligne du clavier.

Fonction qui permet de gérer l'affichage de toutes les informations de l'écran principal. (Détails ci-dessous)

```

fonction afficherEcranPrincipal
clear the screen
set the background color
display text "CHOISIR UN PRODUIT" number 1 position x: 15 y: 5 size Large
display text "1 : Banane" number 2 position x: 20 y: 40 size Small color
display text "2 : Pomme" number 3 position x: 170 y: 40 size Small color
display text "3 : Clementine" number 4 position x: 20 y: 65 size Small color
display text "4 : Raisin" number 5 position x: 170 y: 65 size Small color
draw rectangle number 1 start x: 15 y: 170 width 290 height 42 line width 3 Border color fill color not RC
display text "A : Tare B : Etalonnage" number 10 position x: 55 y: 220 size Small color
appel afficherInformations
        
```

Sous-programme qui gère les affichages de toutes les informations de l'écran principal. Choix du fond d'écran, des textes, des formes et des couleurs.



L'appui sur le bouton A permet de lancer la tare de la balance à l'aide d'une variable utilisée dans le programme principal. Le test conditionnel permet de ne pas interrompre l'étalonnage si celui-ci est en cours.

L'appui sur le bouton B permet de lancer l'étalonnage de la balance à l'aide d'une variable utilisée dans le programme principal. Le test conditionnel permet de ne pas interrompre l'étalonnage si celui-ci est déjà en cours.



Programme principal qui à l'aide de tests conditionnels réalise 3 actions différentes : l'étalonnage, la tare ou la mesure de masse.

Permet de lancer la procédure d'étalonnage avec la fonction précédemment étudiée au TP4.

Permet d'effectuer la tare, pour une remise à zéro de la masse mesurée par la balance.

Permet de mesurer la masse sur la balance et de l'associer à un article en fonction de la touche de clavier appuyée.

Selon la touche du clavier appuyée, la fonction « choisirProduit » permet de modifier les variables utiles à l'affichage sur l'écran (nom du produit et prix).

Stocke dans une variable la valeur arrondie de la mesure de la masse sur la balance.

Evite l'affichage d'une masse négative.

Conversion mathématique pour calculer le prix et l'arrondir en fonction de la masse avant d'appeler la fonction qui met à jour les affichages sur l'écran.

Sous-programme qui gère le rafraîchissement des informations à l'écran.

```

fonction afficherInformations
  display text concaténation "Masse : " masse " g " number 6 position x: 55 y: 92 size Large color cyan
  display text concaténation "Produit : " produit " " number 7 position x: 20 y: 128 size Small color white
  display text concaténation "Prix : " prixTexte " EUR/kg " number 8 position x: 20 y: 148 size Small color white
  display text concaténation "TOTAL : " prixTotal " EUR " number 9 position x: 35 y: 178 size Large color black

```

Sous-programme qui gère les modifications des variables liées à la sélection des produits à l'aide du clavier.

```

fonction choisirProduit
  si touche = "1" alors
    définir produit à "BANANE"
    définir prixKg à 2.25
    définir prixTexte à "2,25"
  sinon si touche = "2" alors
    définir produit à "POMME"
    définir prixKg à 3.45
    définir prixTexte à "3,45"
  sinon si touche = "3" alors
    définir produit à "CLEMENTINE"
    définir prixKg à 2.99
    définir prixTexte à "2,99"
  sinon si touche = "4" alors
    définir produit à "RAISIN"
    définir prixKg à 4.95
    définir prixTexte à "4,95"

```

Sous-programme qui gère la procédure d'étalonnage. Voir le TP4 pour le détail du programme.

```

fonction effectuerEtalonnag...

```

Programme avancé (MIS-WEI-PROG-TP8-AV.hex) :

Améliorer l'interface en ajoutant un écran d'accueil et en améliorant l'affichage de la pesée :



i. Ajouter la reconnaissance par intelligence artificielle avec la maquette AI Vision

La maquette microSySTEM-Weight peut être associée à la maquette microSySTEM-AI Vision et à sa caméra HuskyLens 2 afin d'identifier automatiquement le produit déposé sur le plateau de la balance.

Dans les commerces, les balances destinées à la vente de fruits et légumes demandent généralement à l'utilisateur de sélectionner le produit pesé sur un écran ou à l'aide d'un clavier. Cette sélection permet à la balance d'associer la masse mesurée au prix au kilogramme correspondant, puis de calculer le prix à payer.

Certaines balances plus récentes sont équipées d'une caméra. Elles analysent l'aspect du produit placé sur le plateau et proposent automatiquement une identification. L'utilisateur n'a alors plus besoin de rechercher le produit dans une longue liste. Il lui suffit de confirmer ou, si nécessaire, de corriger la proposition effectuée par le système.

La reconnaissance visuelle est également utilisée dans l'industrie agroalimentaire. Sur une ligne de tri ou de conditionnement, une caméra peut identifier les produits qui défilent, tandis qu'un système de pesage contrôle leur masse. L'association de ces deux informations permet, par exemple, de trier les produits, de vérifier le remplissage d'un emballage, de détecter une erreur de conditionnement ou de calculer la quantité de matière utilisée.

La maquette microSySTEM-Weight permet de reproduire simplement ce principe. La caméra HuskyLens 2 est d'abord entraînée à reconnaître les quatre fruits utilisés dans l'activité : la banane, la pomme, la clémentine et le raisin. Pendant cette phase d'apprentissage, plusieurs présentations du même fruit peuvent être enregistrées afin d'améliorer sa reconnaissance selon sa position, son orientation ou les conditions d'éclairage.

Lorsqu'un fruit est ensuite placé sur le plateau, la maquette AI Vision analyse l'image obtenue par la caméra. Si le produit est reconnu, elle transmet son numéro d'identification par radio à la carte micro:bit de la balance. Le programme de la maquette Weight associe alors automatiquement l'identifiant reçu au nom du fruit et à son prix au kilogramme.

La balance mesure simultanément la masse du produit grâce à son capteur de pesage. La carte micro:bit peut ensuite calculer le prix à payer en appliquant la relation suivante : $Prix = masse (g) \times prix/kg \div 1\,000$.

L'écran LCD affiche le fruit identifié, sa masse, son prix au kilogramme et le prix total calculé. La sélection automatique remplace ainsi la saisie normalement effectuée par l'utilisateur sur le clavier.

Cette association permet de faire évoluer la balance vers un système de pesage intelligent. Elle met en œuvre plusieurs fonctions complémentaires : acquisition d'une image, reconnaissance d'un produit, transmission radio d'une information, mesure d'une masse, traitement des données et affichage d'un résultat.

Retrouvez davantage d'informations sur l'utilisation de la caméra, les différents modes de reconnaissance par intelligence artificielle ainsi que des exemples de programmes et d'activités dans le dossier technique et pédagogique de la maquette microSySTEM-AI Vision.





www.a4.fr

Concepteur et fabricant de matériels pédagogiques