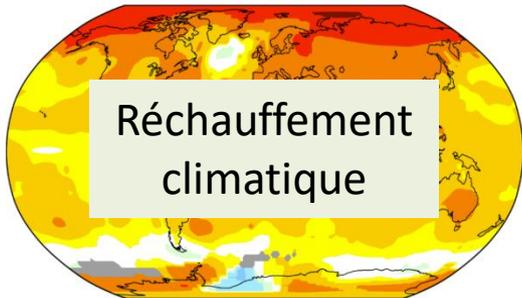


Surveillance des ponts « OUVRAGES EN DANGER »

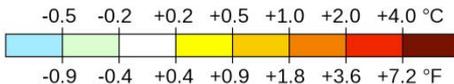
Au sommaire



Changement de température lors des 50 dernières années



moyenne 2011-2020 vs référence 1951-1980



1. **Le prescrit au cycle 4** 2
2. **Activité 1 tâche d'engagement** 3
3. **Activité 2 tâche de coopération et de créativité....** 4 - 8
4. **Activité 3 Expérimentations, maquette communicante** 9 - 13
5. **Dossier technique de réalisation des maquettes** 14 - 27

La surveillance d'un pont et cycle 4

Document Prof

► Cycle 4 TECHNOLOGIE

Compétences travaillées

Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques

- » Imaginer, synthétiser, formaliser et respecter une procédure, un protocole.
- » Mesurer des grandeurs de manière directe ou indirecte.
- » Rechercher des solutions techniques à un problème posé, expliciter ses choix et les communiquer en argumentant.
- » Participer à l'organisation et au déroulement de projets.

Domaine du socle : 4

Concevoir, créer, réaliser

- » Identifier un besoin et énoncer un problème technique, identifier les conditions, contraintes (normes et règlements) et ressources correspondantes.
- » Identifier le(s) matériau(x), les flux d'énergie et d'information dans le cadre d'une production technique sur un objet et décrire les transformations qui s'opèrent.
- » S'approprier un cahier des charges.
- » Associer des solutions techniques à des fonctions.
- » Imaginer des solutions en réponse au besoin.
- » Réaliser, de manière collaborative, le prototype de tout ou partie d'un objet pour valider une solution.
- » Imaginer, concevoir et programmer des applications informatiques pour des appareils nomades.

Domaine du socle : 4

Transition écologique et développement durable

Avec l'histoire et la géographie, les sciences physiques, les mathématiques, des travaux peuvent

être conduits sur les thèmes suivants : habitat, architecture, urbanisme ou transports en ville ; des ressources limitées, à gérer et à renouveler ; la fabrication de systèmes d'énergie

► Cycle 4 TECHNOLOGIE

Mobiliser des outils numériques

- » Simuler numériquement la structure et/ou le comportement d'un objet.
- » Organiser, structurer et stocker des ressources numériques.
- » Lire, utiliser et produire des représentations numériques d'objets.
- » Piloter un système connecté localement ou à distance.
- » Modifier ou paramétrer le fonctionnement d'un objet communicant.

Domaine du socle : 2

Adopter un comportement éthique et responsable

- » Développer les bonnes pratiques de l'usage des objets communicants
- » Analyser l'impact environnemental d'un objet et de ses constituants.
- » Analyser le cycle de vie d'un objet

Domaine du socle : 3, 5

Se situer dans l'espace et dans le temps

- » Regrouper des objets en familles et lignées.
- » Relier les évolutions technologiques aux inventions et innovations qui marquent des ruptures dans les solutions techniques.

Domaine du socle : 5

SÉCURITÉ DES PONTS : ÉVITER UN DRAME

Jeudi 27 juin 2019, la mission d'information sur la sécurité des ponts, présidée par Hervé Maurey (Union Centriste) et dont les rapporteurs sont Patrick Chaize (Les Républicains) et Michel Dagbert (Socialiste et républicain), rend publiques ses conclusions.



Situation de départ :

Suite à la catastrophe due à l'effondrement du pont Morandi à Gène (Italie) la mission d'information (Sénat) sur la sécurité des ponts en France rend ses conclusions.

Problème posé :

Comment garantir la sécurité des ponts situés en France ?

Document Élève

Tâche d'engagement

- 1) Que révèle principalement le rapport de la commission sénatoriale ? (5 constatations)
- 2) Combien de ponts sont estimés être en mauvais état en France ?
- 3) Quelles sont les trois raisons qui ont conduit à cette situation ?
- 4) Quelles sont les trois propositions énoncées par la commission sénatoriale pour remédier à ce problème ?
- 5) Qu'est ce que le réchauffement climatique a à voir là dedans ? (formuler une hypothèse)

Travail à faire :

Écrire les réponses individuellement dans le cahier. Faire une phrase réponse par question.

Ressources :

<https://www.senat.fr/rap/r18-609/r18-609-syn.pdf>

<https://www.agoravox.fr/actualites/technologies/article/la-chute-du-pont-morandi-a-genes-207050>

https://www.ifsttar.fr/fileadmin/user_upload/editions/lcpc/GuideTechnique/GuideTechnique-LCPC-GTTEL.pdf



Surveillance de l'ouvrage

FIGURE 7
CAPTEUR DE DÉPLACEMENT.



Micro fissures



Vibrations

Flexion du tablier



Augmentation de la « respiration thermique de l'ouvrage »



Risque d'effondrement



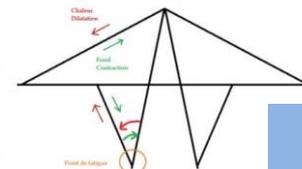
À découper et coller ou à imprimer recto verso et plastifier.

Document Élève

5^e Séquence 1

Activité 2

Oxydation de la structure



Vieillesse accélérée de l'ouvrage

Le passage d'un véhicule crée des vibrations dans La chaussée et dans la structure du pont.

- les vibrations proviennent du contact entre les roues et la chaussée.
- La quantité de vibration est aussi due à la vitesse du véhicule et à sa forme.

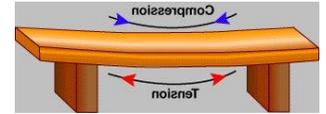
Les fissures affectant le béton peuvent adopter différentes formes, différentes orientations et différentes tailles allant de la microfissure (moins de 0,2 mm) à la lézarde (plus de 2 mm). Elles peuvent causer de graves dommages, pouvant aller jusqu'à l'effondrement de la structure.

Posés sur le parement des ouvrages ou insérés dans sa structure durant sa construction, des capteurs vont fournir des données précieuses sur l'état de santé d'un ouvrage et détecter les signes d'éventuelles pathologies.

L'exposition continue aux intempéries et aux charges dynamiques dues au trafic des véhicules lourds (pour les ponts routiers) et des trains (pour les ponts ferroviaires) fragilisent le béton de l'ouvrage.

La température agit sur les éléments constitutifs d'un pont. Ainsi, en été, par de chaudes températures, le pont se dilate. A l'inverse, en hiver, il a tendance à se rétracter...

Flexion



le trafic des véhicules, notamment lourds, induit des effets de répétition c'est-à-dire des phénomènes de fatigue de la structure.

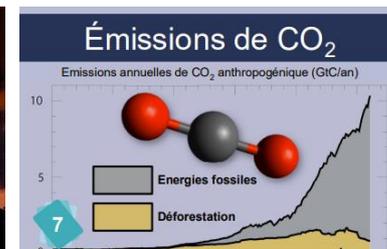
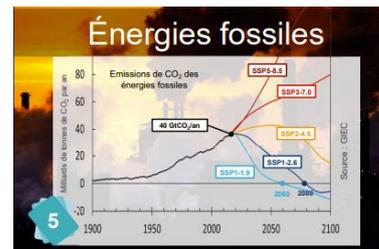
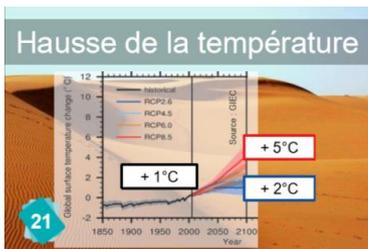
Cette perte des performances initiales peut être attribuée au vieillissement et à la modification des conditions d'exploitation.

La fissuration favorise les transferts liquides, gazeux et ioniques et donc l'entrée dans le béton d'agents agressifs générant l'oxydation et la corrosion des armatures et des pathologies du béton (gonflement, éclatement...).

A découper et coller ou à imprimer recto-verso et plastifier.

Document Élève

5^e Séquence 1



On utilisera les cartes de la fresque du climat (lot 1) pour permettre d'identifier l'essentiel des relations de cause à effet.

Travail à faire

Tâche de groupe :

Proposer de trouver les relations de cause à effets entre les deux cartes. Vous devez retrouver les étapes intermédiaires et identifier les relations de causes à effets intermédiaires.

Votre production doit tenir sur un format A3 et une photo doit témoigner de votre activité.



Que se passe-t-il entre les deux ?



Surveillance de l'ouvrage

FIGURE 7
CAPTEUR DE DÉPLACEMENT.

5e Séquence 1

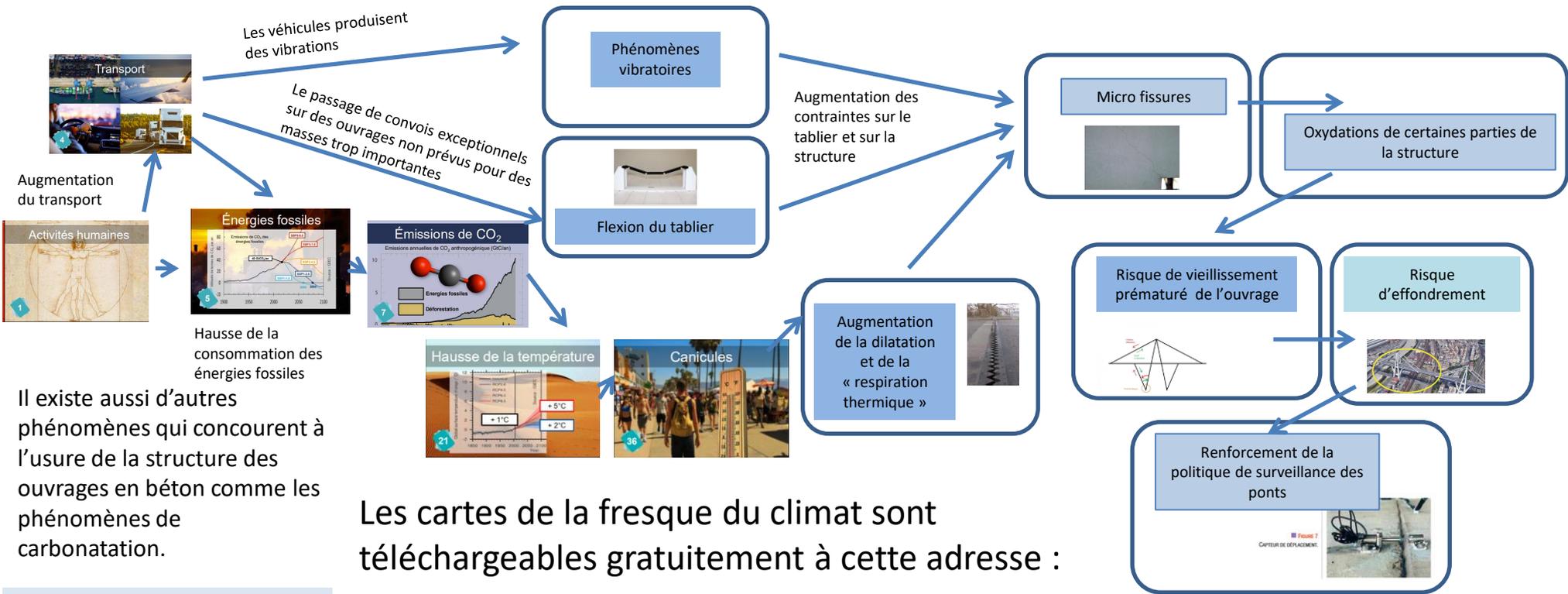
La technologie permet en principe de prévenir ce type de catastrophe.

Vous pourrez annoter d'un mot ou d'une phrase les liens créés entre les images.

Activité 2

Ressources : <https://learningapps.org/display?v=pu499nfq222>

Une présentation possible (corrigé)



Il existe aussi d'autres phénomènes qui concourent à l'usure de la structure des ouvrages en béton comme les phénomènes de carbonatation.

Les cartes de la fresque du climat sont téléchargeables gratuitement à cette adresse :

5^e Séquence 1

Activité 2

<https://fresqueduclimat.org/produit/jeu-adultes-44-cartes-fichier-a-imprimer-chez-soi/>



Super, tu as trouvé la solution !
Le code secret est "ouvrages en danger"

À exploiter dans le cadre d'un
travail à distance.

Des indices :

1 Activités humaines >>> Transports >>> Carburant >>> Augmentation de CO2 >>> Réchauffement >>> Canicules >>> Dilatation >>> Fragilisation >>> Surveillance des ouvrages
2 1 Activités humaines >>> Transports >>> Carburant >>> Augmentation des phénomènes vibratoires >>> Fragilisation >>> Surveillance des ouvrages

Les paires disparaissent au fur et à mesure.

5^e Séquence 1

Activité 2

Consigne
Associer les éléments par paire.
Trouver des relations de causes à effets

OK

Augmentation des rejets de CO2

Apparition de micro fissures

L'oxydation

Les vibrations

Phénomènes de canicules de plus en plus fréquents

Les convois exceptionnelles

Les transports

Augmentation des rejets de CO2

Augmentation de la température

Instrumentaliser le pont

Canicule et structure du pont

La flexion du tablier

Consommation et hausse de carburant

Les activités humaines

Les micro fissures

Les déplacements des véhicules sur les ponts

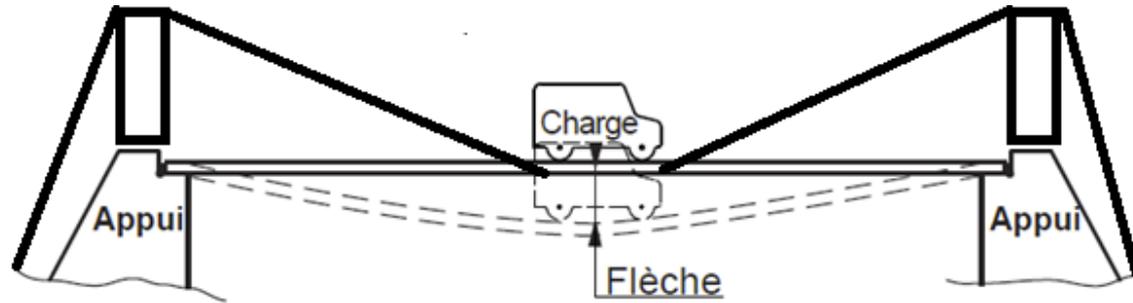
L'oxydation risque de fragiliser l'ouvrage

men pont

Activités humaines transport routier

TRANS DYNASTY

Ressources : <https://learningapps.org/display?v=pu499nfq222>



Document Prof



Une petite
bouteille d'eau
utilisée comme
charge du pont.

La maquette de pont communicante permet de faire des expériences en fonction des différentes contraintes pédagogiques :

- animation en îlots ;
- manipulations à distance à partir d'équipements mobiles de l'établissement ;
- manipulations à distance avec le téléphone portable des élèves.

5^e Séquence 1

Activité 3

Mesurer des grandeurs de manière directe ou indirecte

Modifier ou paramétrer le fonctionnement
d'un objet communicant

9/27

1 Dans Wifi, se connecter sur RESEAU_DUINO

2 Saisir le mot de passe : 12345678

3 Dans un navigateur saisir : http://192.168.4.2

Avec l'équipement mobile



surveillance-pont1

Nombre de LED allumées sur le bandeau (défilement dans un sens et mémorisation d'une position par maintien des LED allumées dans l'autre sens.

LED_nO_flexion = 12

RAZ Bouton de remise à zéro de la position mémorisées



0

angle_servo_tension



Contrôle de l'angle du servomoteur par un curseur pour exercer une plus ou moins grande tension sur les câble porteurs.

0

Mesurer des grandeurs de manière directe ou indirecte

Modifier ou paramétrer le fonctionnement d'un objet communicant

Se connecter à la maquette avec un équipement mobile sans exiger de connexion Internet.

10/27



Document Élève

5^e Séquence 1

Activité 3

5^e Séquence 1

Mesurer des grandeurs de manière directe ou indirecte

Activité 3

Modifier ou paramétrer le fonctionnement
d'un objet communicant



Document Élève

Essais en vidéo	Nom des essais	Aperçu de la vidéo	Protocole expérimental
https://youtube.com/shorts/PIFBcR1n1FM?feature=share	Essais 2N 0° (2 Newtons de tension et angle à 0°)		Relever la position initiale (LED allumée sur le bandeau avant et après l'essai. Relever la valeur sur l'afficheur avant et après l'essai.
https://youtube.com/shorts/oN6eN7wzNuM?feature=share	Essais 2N5 50°		Avec l'équipement mobile, régler l'angle du servomoteur à 50°. Vérifier que la force de traction exercée sur le câble est bien d'environ 2,5 Newtons avant l'essai.
https://youtube.com/shorts/ESO0eOagFDU?feature=share	Essais 3N 90°		Avec l'équipement mobile, régler l'angle du servomoteur à 90°. Vérifier que la force de traction exercée sur le câble est bien d'environ 3 Newtons avant l'essai.

5^e Séquence 1

Mesurer des grandeurs de manière directe ou indirecte

Activité 3

Modifier ou paramétrer le fonctionnement
d'un objet communicant



Document Élève

Croquis de la position du palonnier du servomoteur	Valeur de l'angle et valeurs sur le dynamomètre (N)	Croquis de la position de départ - LED allumée sur le bandeau	Croquis de la position de fin - LED allumée sur le bandeau	Résultat	Interprétation
Essai 2 Newtons 0°					
Essai 2,5 Newtons 50°					
Essai 3 Newtons 90°					

5^e Séquence 1

Activité 3

Document Prof

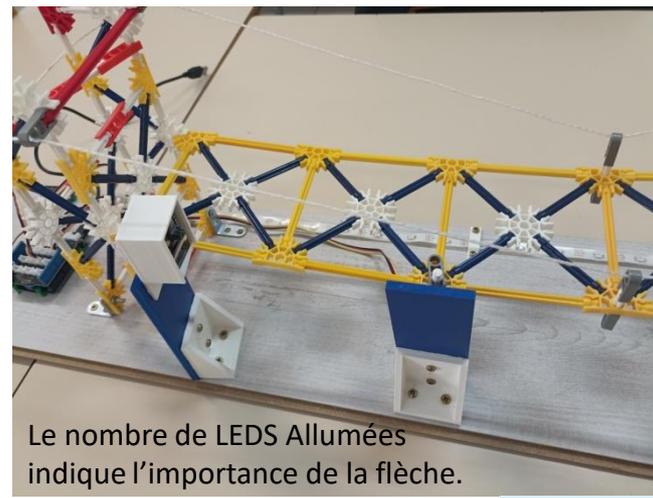
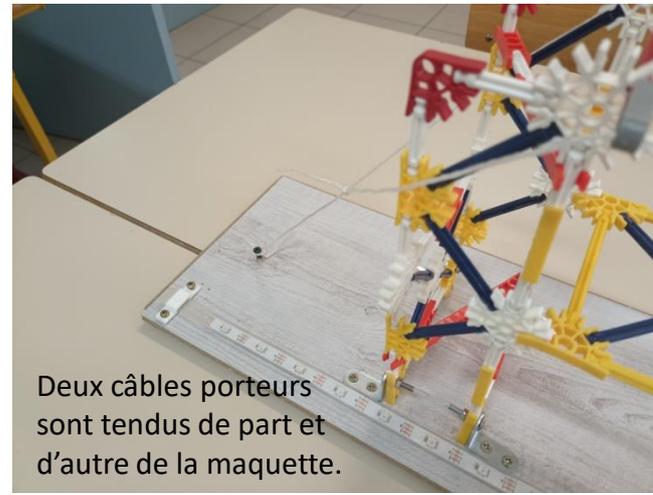
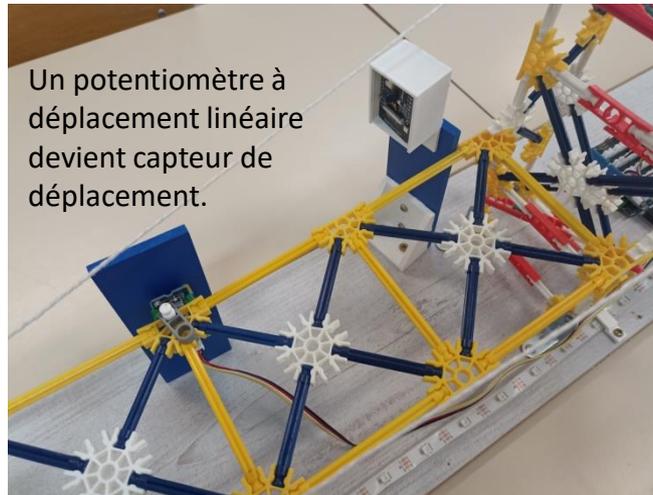
Mesurer des grandeurs de manière directe ou indirecte

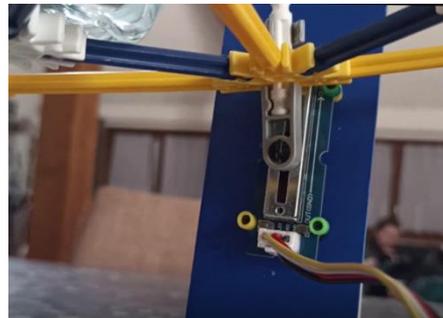
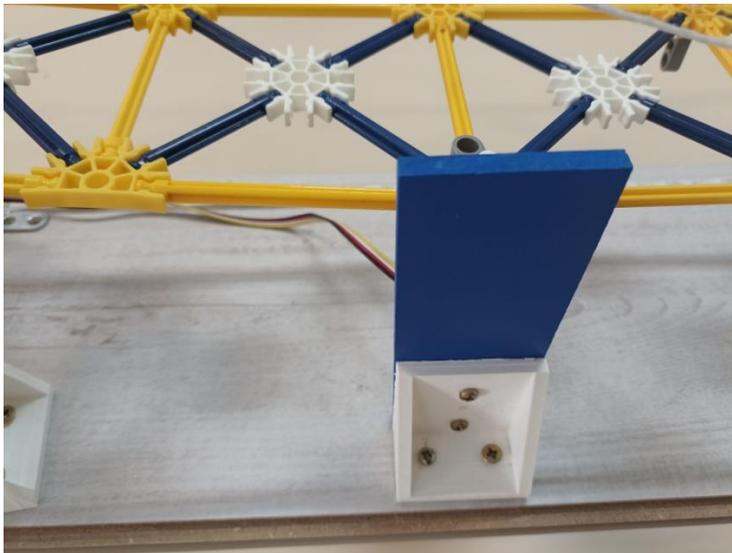
Modifier ou paramétrer le fonctionnement d'un objet communicant

Croquis de la position du palonnier servomoteur	Valeur de l'angle et valeur sur le dynamomètre (N)	Croquis de la position de départ - LED allumée sur le bandeau	Croquis de la position de fin - LED allumée sur le bandeau	Résultat	Interprétation
<p>Essai 2N 0°</p> 	<p>0°</p> <p>2 Newtons</p>			<p>La déformation du tablier est importante</p>	<p>La tension du câble est primordiale pour assurer la sécurité de l'ouvrage.</p> <p>En cas de fragilisation des câbles porteurs, l'intégrité de l'ouvrage est compromise</p>
<p>Essai 2N5 50°</p> 	<p>50 °</p> <p>2,5 Newtons</p>			<p>La déformation du tablier est moins importante</p>	
<p>Essai 3N 90°</p> 	<p>90°</p> <p>3 Newtons</p>			<p>La déformation du tablier est moins importante</p>	

Dossier technique

Proposition de réalisation d'une maquette de pont.....	15 - 16
Réalisation de pièces en fabrication additive	17
Caractéristiques de la carte D1 Wifi	18
Installation de l'application Arduino Augmenté	20
Structure du programme de pilotage de la maquette avec ArduBlock	21 – 23
Un matériel original, la carte ESP 32 Cam (caméra IP miniature)	24 - 25
Proposition de réalisation d'autres maquettes	26
Nomenclature et coût de la réalisation	27





Le déplacement du curseur du potentiomètre indique directement la flexion subie par le tablier.



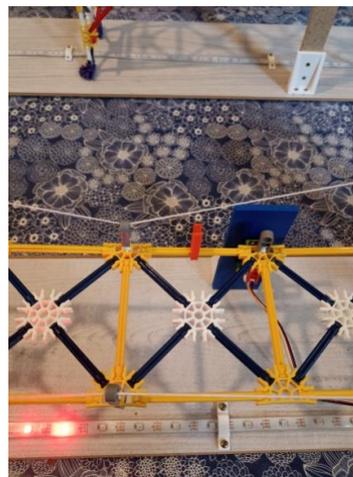
Il est nécessaire de créer quelques pièces plastiques en fabrication additive



Un servomoteur et son palonnier permettent de contrôler la tension sur le câble.



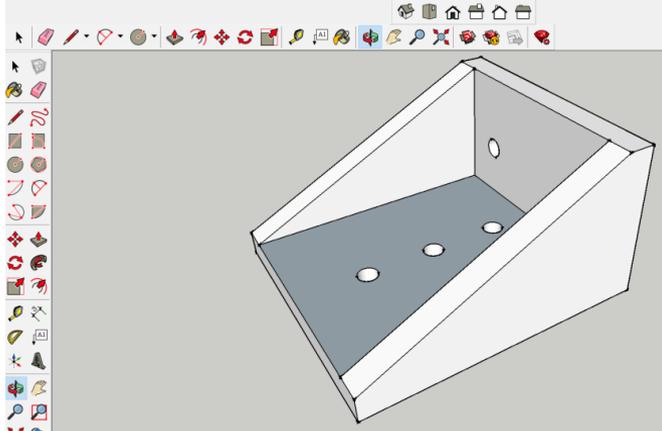
On peut adjoindre un dynamomètre (5 Newtons) pour mesurer la tension exercée par les câbles.



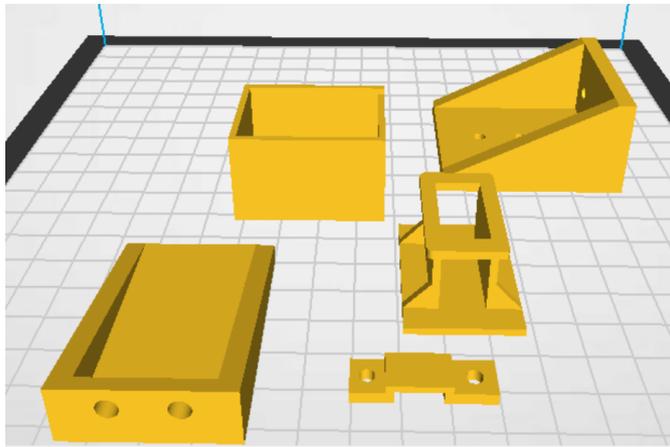
L'affichage sur le bandeau de LED offre un visuel correspondant à la déformation du tablier. Des calculs pourraient être réalisés au lycée avec ce support.

On peut prévoir une batterie si la maquette est trop éloignée des ports USB d'un ordinateur (seulement pour l'alimenter).

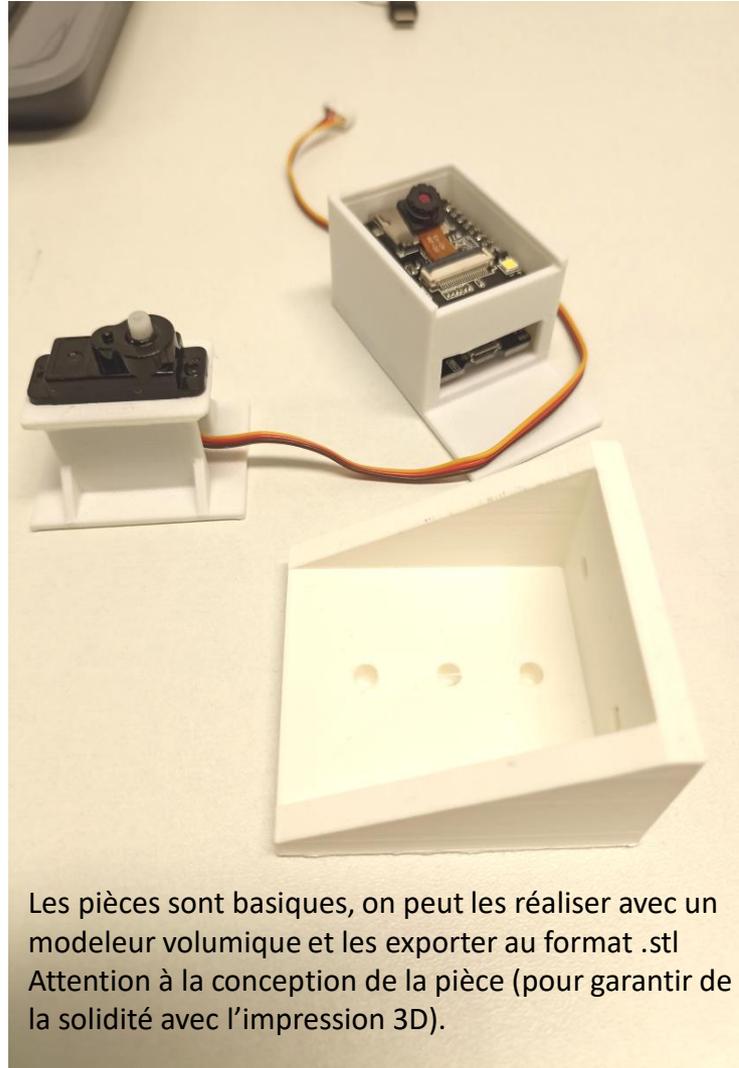




On peut réaliser les pièces avec le logiciel Sketchup 8 modeleur surfacique intuitif et simple d'utilisation.



Le format d'exportation **.dae** est compatible avec les logiciels trancheurs.



Les pièces sont basiques, on peut les réaliser avec un modeleur volumique et les exporter au format **.stl**
Attention à la conception de la pièce (pour garantir de la solidité avec l'impression 3D).

Il est utile de réaliser quelques pièces en fabrication additive.

- Un boîtier pour protéger la caméra.
- 2 équerres de fixation
- Un support pour le servomoteur miniature.
- 5 brides de fixation pour le bandeau de LED.
- En cas d'impression de toutes les pièces d'un coup, il faut prévoir environ 8 heures.

Remarques, on remarque que Sketchup est maintenant en ligne (il faut créer un compte) on a tout intérêt à utiliser des logiciels Open sources qui représentent des solutions plus robustes et pérennes :

- FreeCad
- Bender

D1 Caractéristiques techniques

	DuinoESP / D1	UNO classique (pour comparer)
Microprocesseur	ESP8266 - format ESP13	ATMEGA328P
Fréquence	80MHz	16MHz
Alimentation externe	7 à 20V (12V max recommandé)	7 à 20V (12V max recommandé)
Alimentation interne	3.3V	5V
Entrées/Sorties numériques	16 (dont 16 PWM)	14 (dont 6 PWM)
Entrée analogique	1 (0..3V)	6
RAM	96KB	2KB
MEMOIRE FLASH	2000KB	32KB
WIFI	station / point d'accès / TCP/IP...	---
Téléversement	CH340	ATMEGA16U2 ou CH340

Des fonctionnalités en plus pour le même prix.

Comme une carte Arduino Uno, compatible avec les extensions Grove mais avec le wifi et le bluetooth en plus !

Arduino Experimental à télécharger ici :

https://duinoedu.com/dl/logiciels/arduino/arduino_augmente/version_duinoedu/DERNIERE_VERSION/

La carte D1 est compatible Grove !!

Les possibilités : <https://youtu.be/dKscZIQ3Pb4>

Quelques règles à respecter :

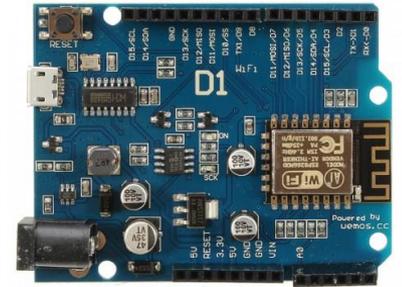
Niveaux logiques 3,3 V mais il faut laisser le shield Grove en 5V

Les broches D3 et D4 sont particulières car elles sont raccordées à l'I2C. Dès lors :

- utiliser l'I2C vous interdit d'utiliser D3 & D4 ;
- utiliser D3 ou D4 vous interdit d'utiliser l'I2C.

Nombre d'entrées analogiques : seule A0 est utilisable.

D7 et D8 sont sensibles au téléversement. Il est possible que certains modules complexes doivent être débranchés au moment du téléversement



Installation de Ardublock Arduino Augmenté Expérimental

Index of /dl/logiciels/arduino/arduino_augmente/version_duinoedu/DERNIERE_VERSION

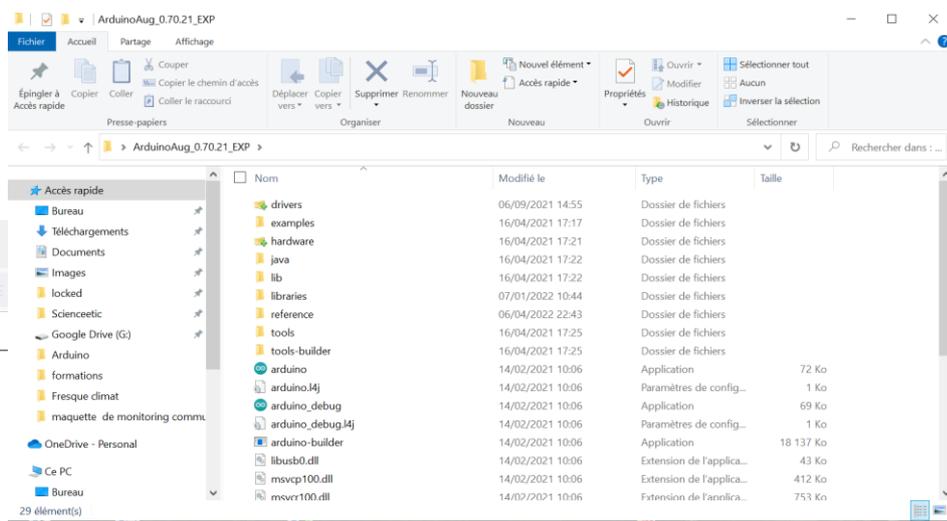
Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory	-	-	-
1_STANDARD_VERSION/	2019-06-13 14:28	-	-
2_EXPERIMENTAL_VERSION/	2022-03-18 11:18	-	-
3_OLD_VERSION/	2018-11-09 10:03	-	-



Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory	-	-	-
.nfs000000001b59f81...>	2021-04-17 10:29	285M	
.nfs0000000007201e5c...>	2021-04-16 22:18	281M	
ArduinoAug_0.68.20_E...>	2018-12-08 20:20	837M	
ArduinoAug_0.68.21_E...>	2018-12-17 14:20	837M	
ArduinoAug_0.70.04_E...>	2019-06-13 14:16	868M	
ArduinoAug_0.70.08_E...>	2019-11-21 11:41	868M	
ArduinoAug_0.70.09_E...>	2019-12-09 09:56	872M	
ArduinoAug_0.70.10_E...>	2019-12-13 13:39	872M	
ArduinoAug_0.70.11_E...>	2020-01-05 16:03	872M	
ArduinoAug_0.70.12_E...>	2020-02-10 11:07	872M	
ArduinoAug_0.70.13_E...>	2020-04-27 16:12	872M	
ArduinoAug_0.70.14_E...>	2020-05-12 17:04	872M	
ArduinoAug_0.70.15_E...>	2020-08-31 09:25	872M	
ArduinoAug_0.70.15_E...>	2020-11-04 10:28	872M	
ArduinoAug_0.70.15_E...>	2020-11-04 11:56	872M	
ArduinoAug_0.70.16_E...>	2021-03-21 11:10	902M	
ArduinoAug_0.70.18_E...>	2021-04-24 19:26	902M	
ArduinoAug_0.70.19_E...>	2021-05-10 11:14	902M	
ArduinoAug_0.70.20_E...>	2022-01-20 12:08	915M	
ArduinoAug_0.70.21_E...>	2022-03-18 11:18	915M	

On commencera par récupérer le logiciel Arduino Augmenté Expérimental.

L'installation est portable, il faut juste le décompresser. Les versions les plus récentes sont en bas de liste.



Le programme est complètement portable, c'est-à-dire que vous pouvez recopier l'archive sur le bureau, et prévoir un raccourci local ou réseau vers l'application Arduino.

sketch_apr13b | Arduino 1.8.13
Fichier Édition Croquis Outils Aide

```
sketch_apr13b
#include <Duinoedu_Esp8266.h>
#include <FastLED.h>
#include <AddFastLED.h>
#include <TM1637.h>
#include <Servo.h>
```

Lancement de ArduBlock ESP Experimental

sketch_apr13b | Arduino 1.8.13

Fichier Édition Croquis Outils Aide



sketch_apr13b

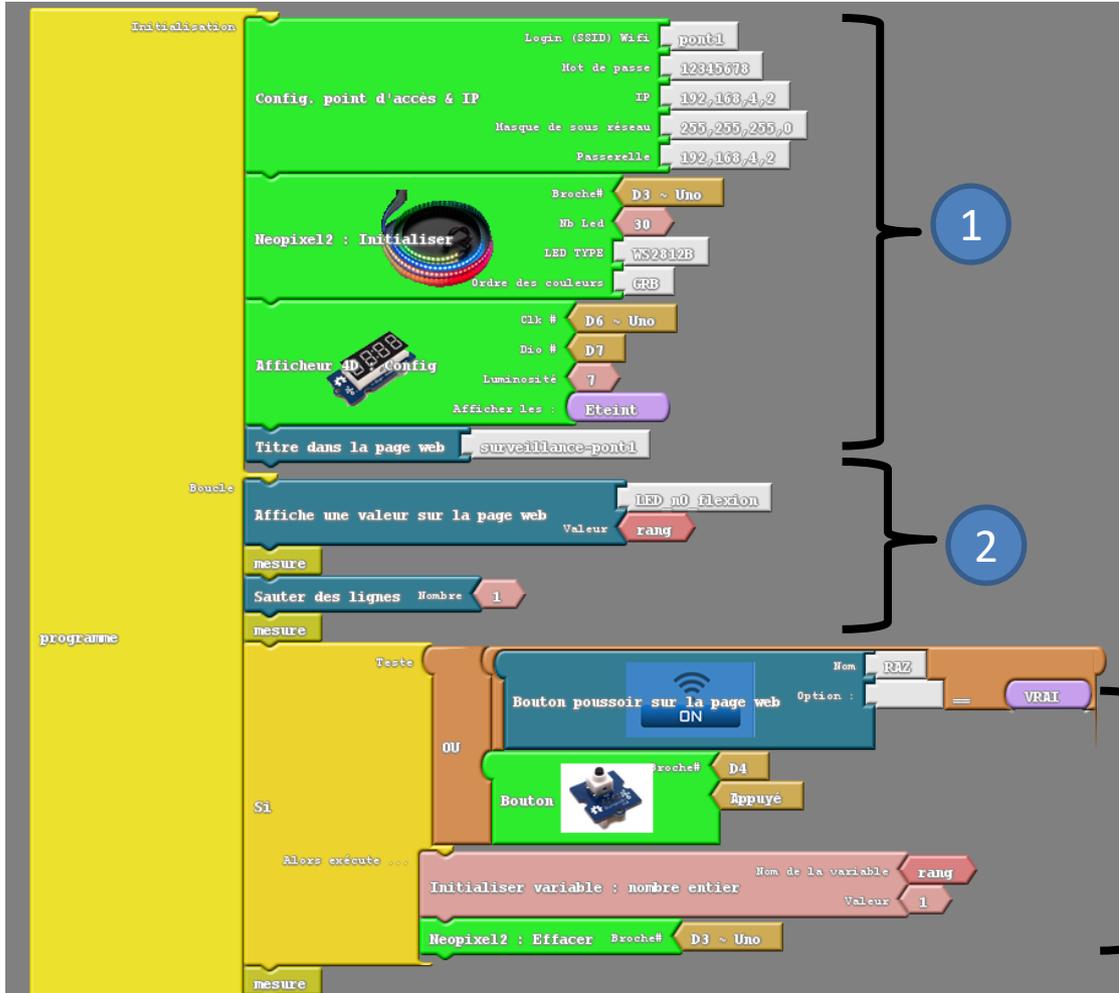
```
void setup()
{
}

void loop()
{
}
```

- Formatage automatique Ctrl+T
- Archiver le croquis
- Réparer encodage & recharger
- Gérer les bibliothèques Ctrl+Maj+I
- Moniteur série Ctrl+Maj+M
- Traceur série Ctrl+Maj+L

- ArduBlock
- ArduBlock ESP -Experimental**
- ArduBlock Maxi
- ArduBlock Mini
- Arduino IHM
- ESP Exception Decoder
- ESP32 Sketch Data Upload
- ESP32 VGA : Sprite Editor
- ESP8266 Sketch Data Upload
- Guino
- Leapmotion
- Matrice
- Molegraph

Le programme d'exploitation de la maquette



Le programme pont1.abp a été développé avec le logiciel Arduino Ardublock expérimental.

Il est constitué d'une boucle principale et d'un sous programme « mesure ».

Le bloc **d'initialisation** comporte :

La configuration de la carte en point d'accès Wifi sans internet avec accès sécurisé. Pour une réalisation de 5 maquettes (une par îlot), on prévoira des mots de passe différents.

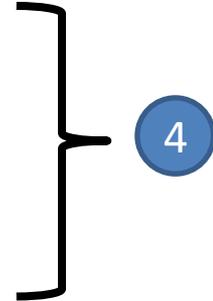
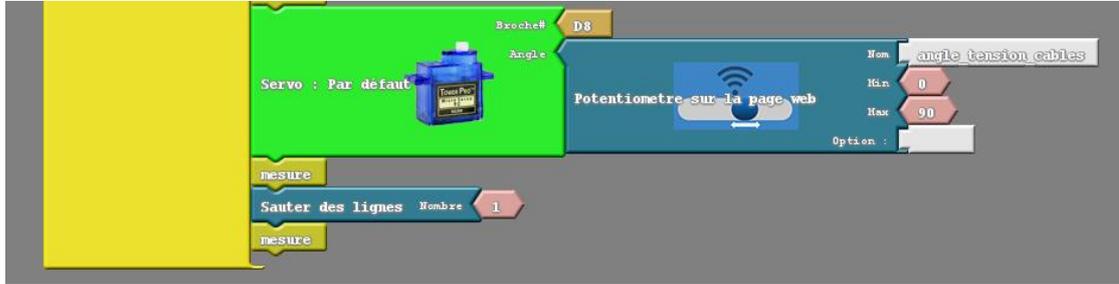
La configuration du ruban de LED sur D3 et la configuration de l'afficheur 4 digits utilisé sur D6.

La **boucle principale** démarre par l'affichage sur la page Web du titre et du nombre de LED du bandeau qui sont allumées.

L'appel du **sous programme** « mesure » permet de recueillir la valeur convertie analogique sur l'entrée A0.

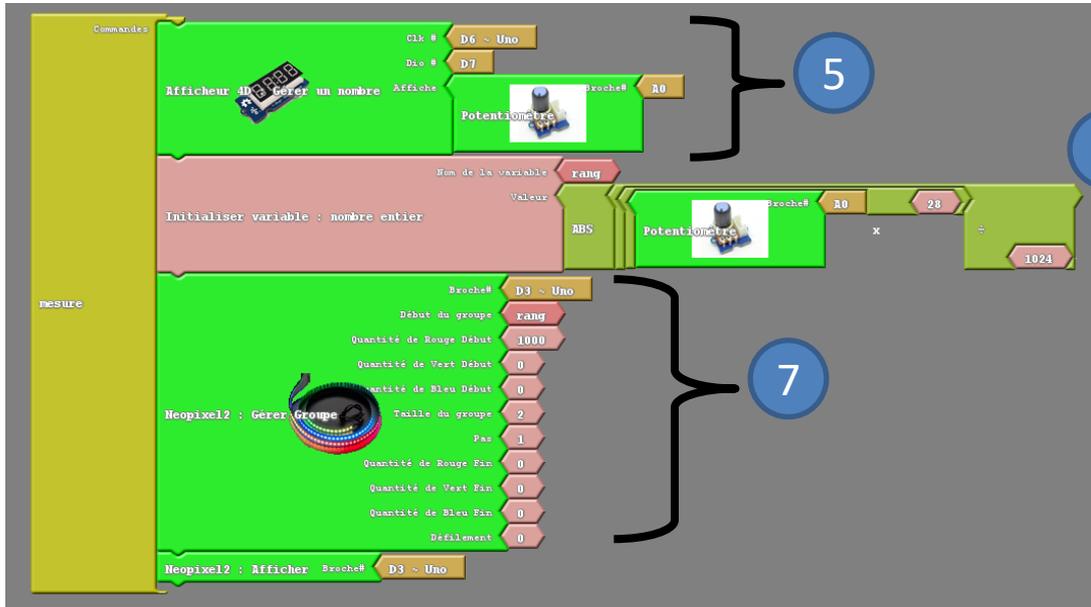
On commence par permettre la remise à zéro des LEDS du bandeau par un appui sur un bouton poussoir (D4)

Le programme d'exploitation de la maquette



Le servomoteur est piloté à distance par un curseur dans la page Web.

Il est important d'effectuer plusieurs mesures au fil du programme principal pour éviter des phénomènes de rupture de l'affichage des LEDS du bandeau.



L'afficheur permet de visualiser la conversion analogique de la résistance du potentiomètre à déplacement linéaire en une plage de valeur de 0 à 1023.

Un calcul de proportionnalité est effectué pour adapter la plage de 0 à 1023 en une plage de 1 à 30 correspondant aux LEDS du bandeau.

Le ruban de LED est ainsi paramétré :

- rang - variable d'affichage de la LED N°1 à 30 ;
- 1000 - la couleur rouge au début, pas de vert, pas de bleu ;
- 0 - la couleur d'affichage après l'incrémantation ;
- la taille du groupe - 2 pour qu'au moins une LED défile ;
- le pas à 1 - défilement LED après LED dans un sens ;
- défilement à 0, c'est la boucle qui fixe le défilement donc le plus vite possible.

Très important, il faut afficher la LED du bandeau.

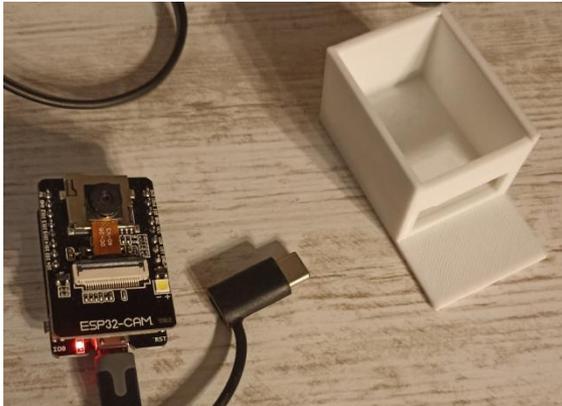
Téléversement du programme

Pour tester sur quel port série la carte est connectée, utiliser la commande « Récupérer les informations de la carte ».

Si vous réalisez plusieurs maquettes (une par îlot) ne pas oublier de modifier l'initialisation du programme pour que les cartes aient des adresses IP différentes et des mots de passe différents. Le plus pratique est de faire figurer ces informations directement sur la maquette.

Comme pour les cartes Arduino, une fois le programme téléversé, l'exécution du programme démarre automatiquement.

Camera IP et ESP 32 CAM



ESP32-CAM-MB
Ouvrir

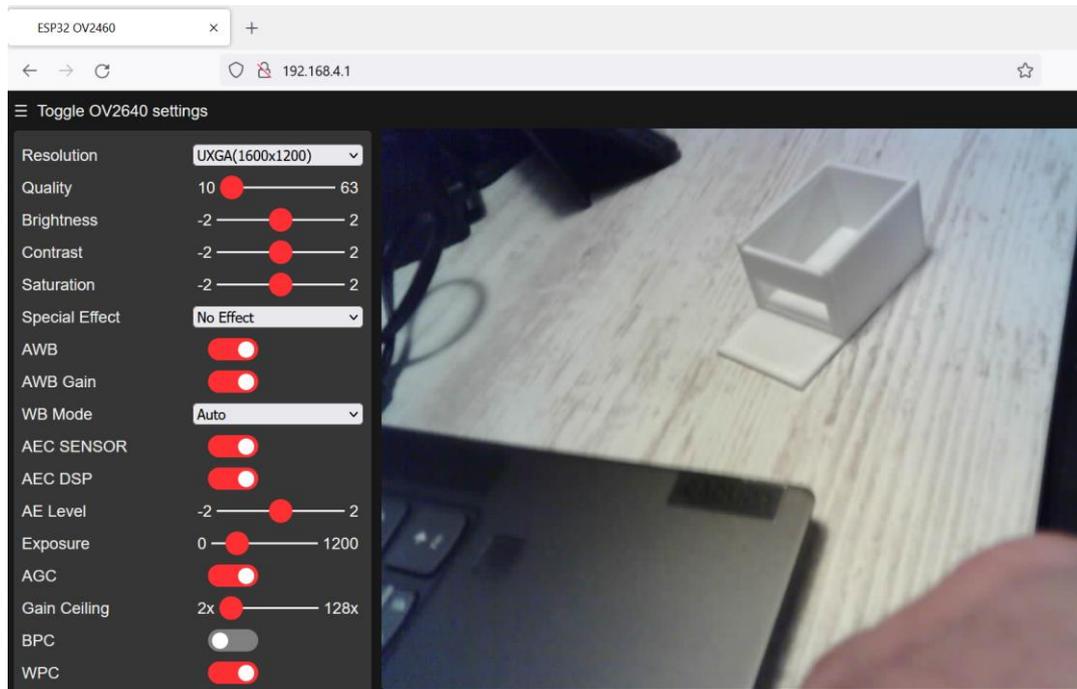
D'autres personnes peuvent voir les informations envoyées sur ce réseau

Se connecter automatiquement

Se connecter

Qu'est-ce que l'ESP32 CAM ?

C'est un module complet tout en un qui peut fonctionner de façon indépendante à l'instar d'une carte Arduino. En plus de la connectivité WiFi et Bluetooth, ce module dispose d'une caméra vidéo intégrée avec un emplacement microSD pour le stockage. Initialement ce module est programmé en serveur web d'adresse -192.168.4.1- accessible sans mot de passe, en se connectant par l'entremise du wifi.

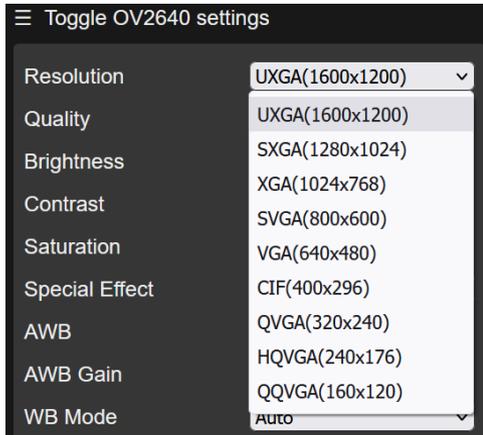


Une caméra IP haute définition autofocus pour 7,50 € !

Possibilité de stocker des images sur une carte micro SD, et dans le logiciel, option de reconnaissance faciale que je n'ai pas testée, mais cela semble prometteur !

Noter cet excellent tutoriel de nos collègues de l'académie de Toulouse

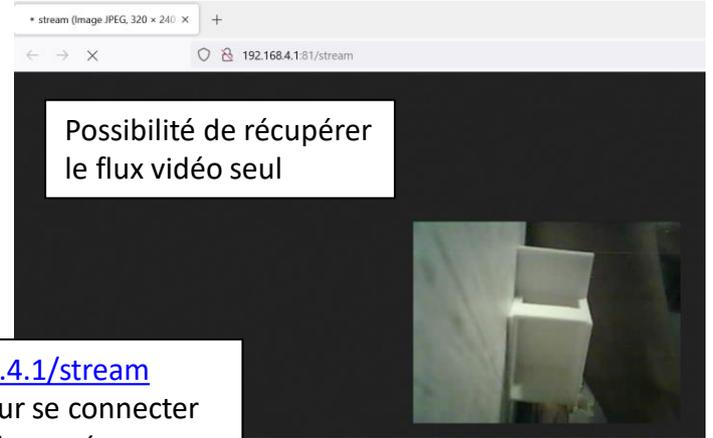
<https://disciplines.ac-toulouse.fr/sii/system/files/2021-12/Tuto-ESP32Cam-PriseenMain.pdf>



Le programme embarqué sur la carte électronique est amplement suffisant pour paramétrer un objet communicant.

Plusieurs mode de résolutions sont possibles.

Plusieurs effets et paramètres sont faciles à expérimenter.



<http://192.168.4.1/stream>
L'adresse IP pour se connecter directement à la caméra.

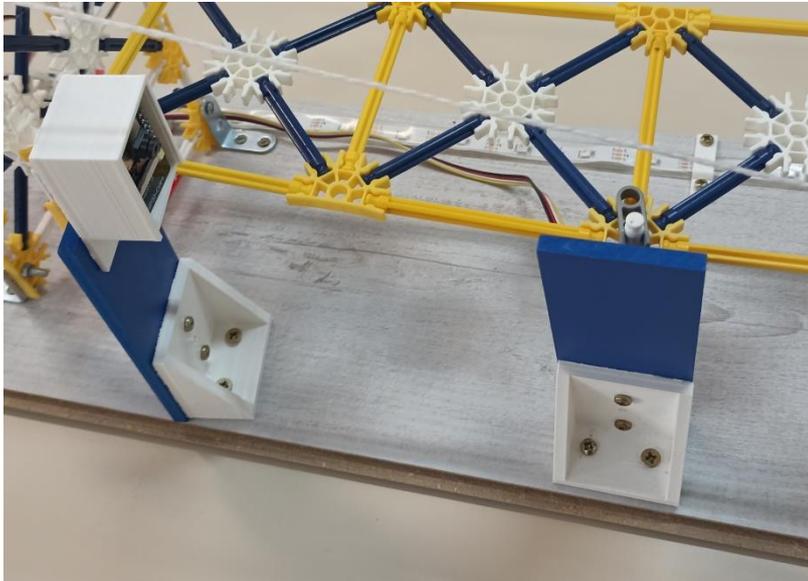
On peut ainsi permettre de présenter aux élèves un monitoring en miniature de ce qui existe pour des ouvrages :

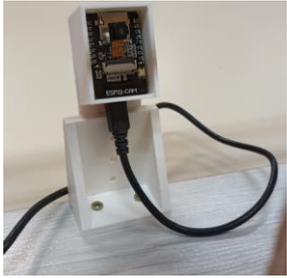
[Capteurs structurels - Surveiller les mouvements des structures | Sixense \(sixense-group.com\)](http://sixense-group.com)

https://www.ifsttar.fr/fileadmin/user_upload/editions/lcpc/GuideTechnique/GuideTechnique-LCPC-GTTEL.pdf

<https://www.sites.fr/la-surveillance-des-infrastructures-de-transport/>

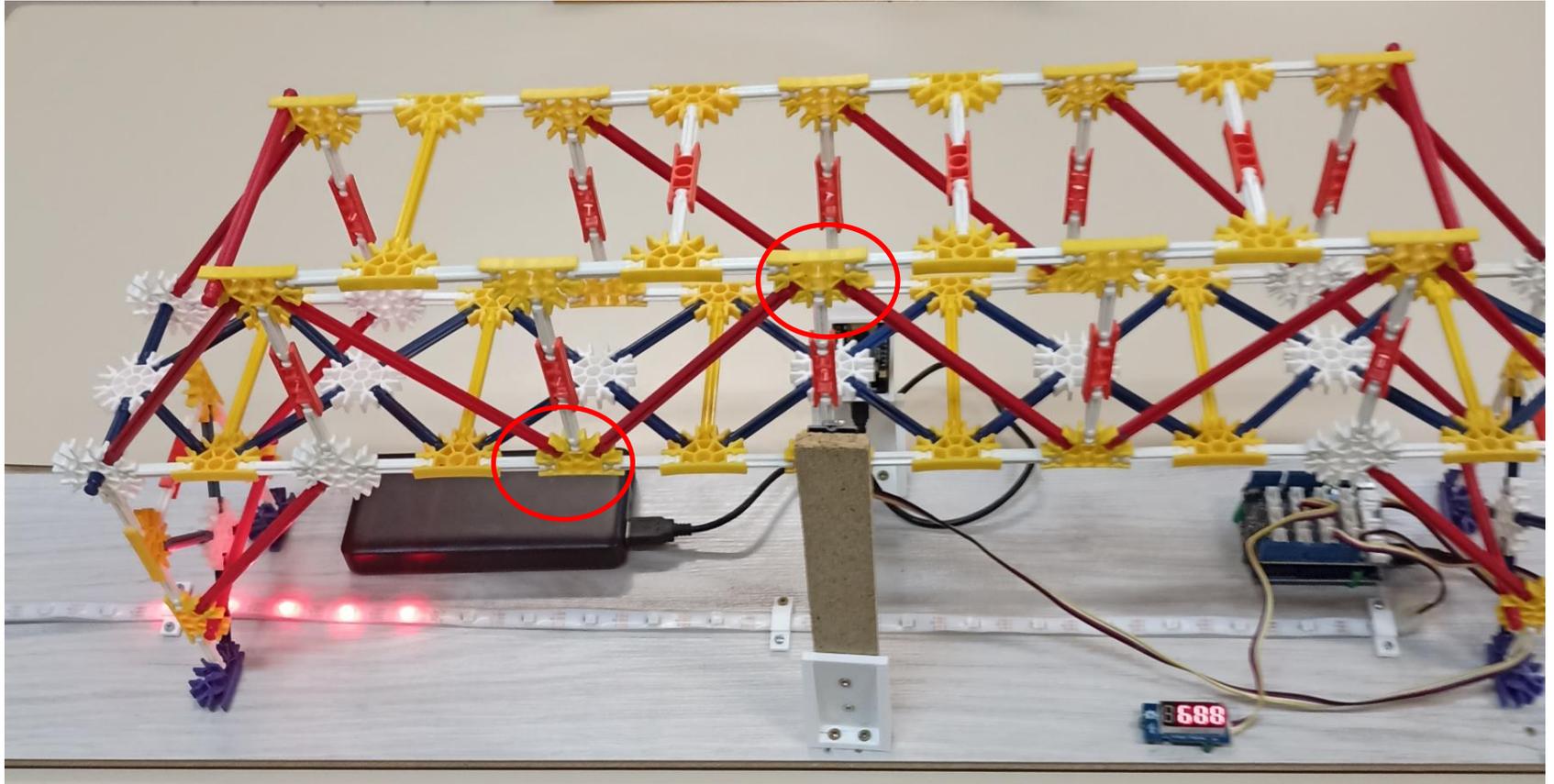
https://www.youtube.com/watch?v=tsfAerqdGds&feature=emb_rel_pause





En assemblant les pièces plastiques, on réalise un support de caméra.

A noter que le PLA est facile à plier en le chauffant.



Une autre proposition de réalisation de maquette. On peut simuler la corrosion et tester la solidité sans les poutres de triangulation (simulation de la corrosion de certaines pièces de la structure).

Nomenclature pour un coût de réalisation...

Composants	Quantité	Prix TTC (indicatif)
Carte D1 Wifi	1	12
Shield de connexion Grove	1	8
Ruban à 30 Leds RGB Grove	1	7,5
Bouton poussoir Grove	1	2,5
Afficheur 4 digit Grove	1	6,5
Camera ESP 32	1	15
Potentiomètre à glissière Grove	1	7,5
Servomoteur miniature Grove	1	7,5
Dynamomètre 5 Newton	1	5
Lot de 5 câbles Grove 50 cm	1	2,5
Vis à bois M4 16 lot de 20	2	6,1
Equerres Acier Lot de 10	1	1,5
	Total	81,6

Préambule : les fournisseurs associés aux liens ont été choisis à titre indicatif et à des fins de présentation rapide des différents constituants.

Les prix donnés à titre indicatif sont susceptibles d'évoluer.

Le support de la maquette est réalisé avec une chute de parquet flottant, ou tout autre matériau de récupération à la rigidité suffisante.

L'alimentation de la maquette s'effectue en utilisant les ports USB d'un PC comme source d'alimentation.

Ajouter une batterie de secours est une option séduisante mais le coût de la réalisation augmentera d'autant.