



Du bâtiment connecté au bâtiment intelligent

Livret enseignant

Ce livret offre des suggestions pédagogiques, que chaque enseignant est libre d'adapter selon son public, sa progression et sa pratique, dans le respect de sa liberté pédagogique.

Objectifs pédagogiques du parcours

Ce parcours vise à :

- **Comprendre la gestion intelligente d'un bâtiment** et les technologies associées (capteurs, transmission des données, traitement des données...).
- **Sensibiliser aux enjeux énergétiques** liés à l'habitat et aux bâtiments connectés tels que l'économie d'énergie, le confort thermique, le niveau sonore, la luminosité, la qualité de l'air.
- **Explorer les implications citoyennes et éthiques** de la collecte et du traitement des données numériques et leurs protections.
- **Favoriser une approche interdisciplinaire** permettant aux élèves de relier enjeux techniques, scientifiques et citoyens autour du bâtiment intelligent.

Premier temps en classe : séance de préparation en classe

Objectifs

- **Introduire les concepts clés** : bâtiment intelligent, capteurs, données et gestion énergétique.
- **Formuler des hypothèses et identifier les besoins** : Quels paramètres influencent le confort et la consommation énergétique d'un bâtiment ?
- **Préparer les élèves à l'expérimentation sur site** : choix des capteurs, des mesures à effectuer, des outils utilisés.



Opération soutenue par l'État dans le cadre des dispositifs « Innovation dans la forme scolaire » et « Compétences et métiers d'avenir » de France 2030, opérés par la Caisse des dépôts



Déroulé de la séance

Un ordinateur par groupe

Introduction et questionnement (20 min)

Travail de groupe : Exploration et problématisation (20 min)

Préparation des outils et des missions (30 min)

Est-il possible de se passer de capteurs et d'atteindre le confort ? Corrélation/Causalité (40 min)

1. Introduction et questionnement (20 min) – En groupe de 6 ou 3 selon les effectifs de la classe

Questions initiales possibles (à noter au tableau) :

- Qu'est-ce qu'un bâtiment ? Qu'est-ce qu'un bâtiment connecté ? Que veut dire intelligent ?
- Pourquoi connecter un bâtiment ? Avec quoi ? Quels avantages et inconvénients ?
- Quels paramètres influencent le confort thermique et énergétique ? Juste la température ?
- Quels capteurs permettent d'analyser un bâtiment ?
- A quoi est sensible le corps humain (de quel capteur dispose-t-il ?) ? Peut-on modéliser les grandeurs et les conditions relatives au bien-être dans un bâtiment ?
- Peut-on se passer de capteurs ? (Lien avec le confinement : Corrélation entre taux de CO₂ et présence dans un certain volume d'air). Pourrait-on prédire le niveau sonore par exemple ?

Faire compléter les livrets élève

Noter les idées des élèves au tableau en tentant de les regrouper.

Indiquer ensuite que le bâtiment étudié sera un bâtiment équipé de capteurs, comme pourrait l'être une maison ou une salle de classe.

2. Travail de groupe : exploration et problématisation (20 min)

Chaque groupe travaille sur un **aspect du bâtiment connecté** :

- Groupe 1 : Température ambiante, courant d'air, paroi froide, hygrométrie et confort thermique
- Groupe 2 : Qualité de l'air (CO₂, ventilation, COV)
- Groupe 3 : Niveau sonore et confort auditif
- Groupe 4 : Luminosité
- Groupe 5 : Présence (données personnelles, sécurité)
- Groupe 6 : Transmission et stockage des données des capteurs

Chaque groupe devra expliquer aux autres pourquoi il peut être intéressant de faire un suivi temporel des grandeurs physiques associées (température, luminosité, ppm de particules fines, concentration en CO₂, niveau d'intensité sonore en décibel). Et finalement répondre à la question : quelle valeur atteindre pour un bon confort dans un bâtiment ? Pour ce faire, chaque groupe pourra effectuer des recherches en ligne ou au CDI.

Proposition de tableau collaboratif à compléter par chaque groupe :

Grandeurs	Unités	Explication du groupe	Confort ?
CO2	ppm	ppm ← grandeur liée à l'occupation, charge virale, etc...	Oui sinon on étouffe et on est malade
COV	ppm	ppm ← plutôt pour tester qualité air	Oui sinon tératogène, cancérigène pour certains
Température	°C °F K	Nécessité d'une échelle. Peut-être liée à la présence.	Oui
Niveau sonore	dB	Unité logarithmique (programme 2 ^{nde} et 1 ^{ere}) double intensité (+ 3dB) distance doublée (- 6 dB). Peut-être liée à la présence.	Oui
Luminosité	lux	Dur à expliquer, mais au programme aussi. Peut-être liée à la présence.	Oui, aussi (cf. lumière intense dans les cas documentés, convention de Genève prisonnier)
Humidité	Soit relative en % soit absolue en g(eau) / m3 air	Dépend d'autres grandeurs (température, pression). Peut-être aussi lié à la présence.	Oui aussi. (A 40°C et à hygrométrie maximum, le corps humain ne peut résister longtemps)

Les élèves auront tendance à oublier l'effet de paroi froide et de courant d'air. Il y aura un capteur de parois froide et chaude à l'intérieur du bâtiment du Campus Numeria, mais il n'y aura pas de mesure de flux d'air.

Cependant, on peut interroger les élèves : **Comment se prémunir ou au contraire activer ces courants d'air ?**

Les élèves réalisent qu'il y a plusieurs **problématiques** à résoudre sur site, au Campus Numeria (ex. : « Quelle température doit-on viser dans un bâtiment ? Quelle influence de la présence, de la température extérieure ? »).

L'enseignant pourra questionner les élèves sur l'augmentation de température due à la présence d'un être humain, sachant qu'un être humain dégage une puissance thermique de 80W. Est-ce qu'une classe de 30 élèves constitue un bon radiateur ?

Les données :

Comment sont-elles transmises ?

Exemple : Tableau des modes de transmission

Mode	Type	Protocoles principaux	Chiffrement natif	Débit typique	Portée typique	Usage courant
Ethernet	Filaire	TCP/IP, UDP	Non (MACsec/IPsec optionnel)	1-10 Gbps	100 m	Réseaux LAN stables
USB	Filaire	USB 2.0/3.0	Non (extensions possibles)	480 Mbps-5 Gbps	5 m	Périphériques, transferts rapides
RS-232	Filaire	Asynchrone série	Non	Jusqu'à 115 kbps	15 m	Communication point-à-point
RS-485	Filaire	Différentiel, multipoints	Non	Jusqu'à 10 Mbps	1200 m	Réseaux industriels
Wi-Fi	Sans fil	802.11ax (Wi-Fi 6), TCP/IP, UDP	Oui (WPA3/AES)	Jusqu'à 9.6 Gbps	50-100 m	Réseaux domestiques/ entreprises
Bluetooth	Sans fil	Bluetooth Low Energy (BLE)	Oui (AES-128)	1-3 Mbps	10-100 m	Appareils IoT, audio
Zigbee	Sans fil	Zigbee 3.0	Oui (AES-128)	250 kbps	10-100 m (maillé)	Automatisation, capteurs
LoRa/ LoRaWAN	Sans fil	LoRaWAN	Oui (AES-128, bout en bout)	0.3-50 kbps	Jusqu'à 10 km	IoT longue portée

Il sera nécessaire de faire émerger les notions de sécurité et données personnelles, dans la transmission et dans le stockage.

3. Est-il possible de se passer de capteurs et atteindre le confort ?

Corrélation/Causalité (40 min)

Avant de plonger dans l'expérimentation concrète au Campus Numeria (deuxième temps), il faut se concentrer sur l'outil principal qui sera utilisé pour interpréter les données de nos bâtiments connectés : le but d'un bon confort thermique, l'analyse statistique, et notamment la distinction fondamentale entre corrélation et causalité.

Contexte : La Problématique du Bâtiment Intelligent

Dans un bâtiment intelligent, nous recueillons des données via des capteurs (température, CO₂, présence, etc.). L'objectif est l'obtention d'un bon confort, mais aussi souvent de lier deux phénomènes.

Exemple :

Pour savoir si une forte concentration de personnes influence la qualité de l'air ou le niveau sonore.

Si une relation est observée, est-ce une simple coïncidence ou y a-t-il une influence directe ? Peut-on alors se passer des capteurs ?

Il est essentiel de faire la distinction entre corrélation et causalité.

La Causalité (Cause à Effet)

La causalité implique une relation claire et asymétrique : une action A entraîne nécessairement un résultat B.

Par exemple, augmenter le chauffage (Action A) cause une augmentation de la température (Résultat B).

Si l'on suppose qu'une relation de causalité existe (X influence Y), on désigne X comme la variable indépendante (explicative) et Y comme la variable dépendante (à expliquer).

La Corrélation (Simple Relation)

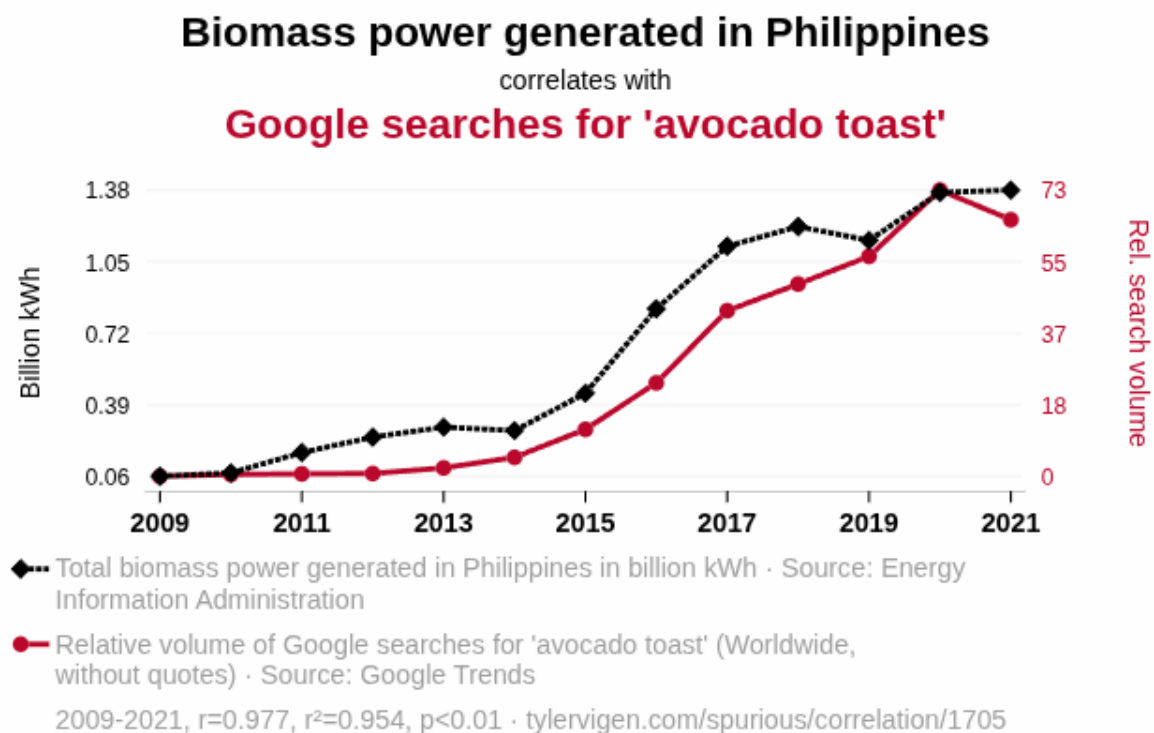
La corrélation signifie simplement qu'il existe une relation ou une liaison entre deux variables X et Y, c'est-à-dire que l'attribution de leurs valeurs ne se fait pas au hasard.

Si X augmente, Y peut augmenter (corrélation positive), diminuer (corrélation négative), ou ne rien faire.

Contrairement à la causalité, la simple existence d'une corrélation ne nous indique pas encore dans quelle direction va cette relation, ni même s'il y a un lien de cause à effet.

Règle d'or : Une corrélation n'implique pas nécessairement une causalité !

Exemple :



Source : <https://www.tylervigen.com/spurious-correlations>

Existe-t-il une corrélation entre la production d'énergie par biomasse aux Philippines et le nombre de recherches du terme « toast à l'avocat » ?

D'autres exemples peuvent être utilisés pour vérifier que les notions sont bien acquises.



Deuxième temps en classe : séance expérimentale sur site (Campus Numeria – 2h)

Objectifs

- Observer un bâtiment connecté en conditions réelles.
- Manipuler des capteurs pour collecter des données (température, bruit, qualité de l'air, luminosité).
- Comprendre la chaîne de traitement des données (collecte, transmission, analyse).
- Réfléchir aux implications et à la protection des données personnelles.

Activité 1 (2 x 20 min)

Pendant les 20 premières minutes, la moitié des élèves sera menée à observer la position des différents capteurs et récolter des informations sur ceux-ci lors d'une visite virtuelle du bâtiment sous la supervision d'un accompagnateur, tandis que l'autre moitié échangera avec le médiateur sur le premier temps.

Puis, nous effectuerons une rotation.

Activité 2 (30 min)

Les élèves seront tous réunis et replaceront sur une carte virtuelle les informations récoltées.

Activité 3 (20 min)

Les élèves seront répartis en groupe de 5 élèves maximum et ils devront analyser les relevés des différents capteurs pour déterminer s'il y avait présence de personnes dans certains lieux du bâtiment, si la température extérieure joue un rôle sur le confort, etc.

Activité 4 (10 min)

Temps de restitution collective et médiation.



Troisième temps : retour en classe

Objectifs de la séance :

- Partager l'expérience vécue.
- Synthétiser et structurer les connaissances sur le fonctionnement d'un bâtiment connecté et d'un bâtiment intelligent.

Matériel :

- Livret élève
- Cartes micro:bit
- Ordinateur
- Lampe torche

Introduction (5-10 min)

Le professeur demande aux élèves de raconter ce qu'ils ont vécu au Campus Numeria et il les invite à réfléchir à ce qu'ils ont retenu ou ce qu'ils ont découvert, et/ou ce qui les a surpris.

Le professeur fait ensuite le lien avec ce qui a été fait avant la visite au Campus Numeria et fait émerger l'importance de la protection des données.

Construire sa propre chaîne de mesure et de transmission

Chaque groupe d'élèves a 2 cartes micro:bit.

Une carte devra être programmée pour jouer le rôle de capteur de présence dans une maison et émettre une valeur entre 0 et 1.

La matrice de LED est utilisée en capteur de luminosité, il ne faudra pas hésiter à éclairer cette surface avec une source lumineuse. On utilisera aussi cette matrice pour indiquer l'état dans lequel le capteur se trouve.

Exemple capteur de présence :

```
from microbit import *
import radio
import utime

radio.config(channel = 7, power = 6, length = 32, group=0)
radio.on()

while True:
    Luminosite = display.read_light_level()
    if Luminosite > 50:
        radio.send('1')
        led_image = Image('90909:09990:99999:09990:90909')
        display.show(led_image)
    else:
        radio.send('0')
        led_image = Image('00000:00000:00000:00000:00000')
        display.show(led_image)
    utime.sleep(1)
```

La seconde carte devra être programmée pour recevoir le message de la première et s'allumer en fonction de la valeur reçue. Elle représentera l'ensemble des radiateurs dans une maison qui s'actionne en fonction de la présence. Si la valeur reçue est de 0, la matrice affichera la ligne du bas, si la valeur est de 1 la matrice sera entièrement allumée.

Exemple radiateur :

```
from microbit import *
import radio

radio.on()

radio.config(channel = 7, power = 6, length = 32, group=0)

while True:
    stringData = radio.receive()
    if stringData:
        if stringData == '1':
            led_image = Image('99999:99999:99999:99999:99999')
            display.show(led_image)
        elif stringData == '0':
            led_image = Image('00000:00000:00000:00000:99999')
            display.show(led_image)
```

A l'aide d'une carte, l'enseignant pourra « espionner » les données transmises et ainsi faire comprendre que leur chaîne de transmission n'est pas sécurisée.

Si pas de présence dans la maison, on affiche Image.Yes
Si présence dans la maison, on affiche Image.No
Si ne reçoit aucun signal, on affiche Image.SAD

Exemple espion :

```
from microbit import *  
import radio  
  
radio.on()  
  
radio.config(channel = 7, power = 6, length = 32, group=0)  
  
while True:  
    stringData = radio.receive()  
    if stringData:  
        if stringData == '1':  
            display.show(Image.NO)  
        elif stringData == '0':  
            display.show(Image.YES)  
        else:  
            display.show(Image.SAD)
```

Sécuriser ses données

Le professeur mènera ses élèves à ajouter une valeur « clé » lors de l'envoi par la carte « capteur » et à supprimer cette valeur « clé » sur la carte réceptrice.

Pour utiliser une clé de cryptage numérique à 4 digits, il faudra convertir le signal reçu en valeur entière « int ».

Exemple capteur de présence crypté :

```
from microbit import *
import radio
import utime

radio.on()

Key = 1234
radio.config(channel = 7, power = 6, length = 32, group=0)

while True:
    Luminosite = display.read_light_level()
    if Luminosite > 50:
        Message = 1000 - Key
        radio.send(str(Message))
        led_image = Image('90909:09990:99999:09990:90909')
        display.show(led_image)
    else:
        Message = 0 - Key
        radio.send(str(Message))
        led_image = Image('00000:00000:00000:00000:00000')
        display.show(led_image)
    utime.sleep(1)
```

Exemple radiateur crypté :

```
from microbit import *
import radio

radio.on()

Key = 1234
radio.config(channel = 7, power = 6, length = 32, group=0)

while True:
    stringData = radio.receive()
    if stringData:
        Message = int(stringData) + Key
        if Message == 1000:
            led_image = Image('00090:09090:99999:99909:09990')
            display.show(led_image)
        elif Message == 0:
            led_image = Image('00000:00000:00000:90909:99999')
            display.show(led_image)
```