Mini-projet BOBARIUM

David SALLÉ (david.salle@ensemblescolaire-niort.com)

Version du document : v0.7
Date : 25/10/2024

Table des matières

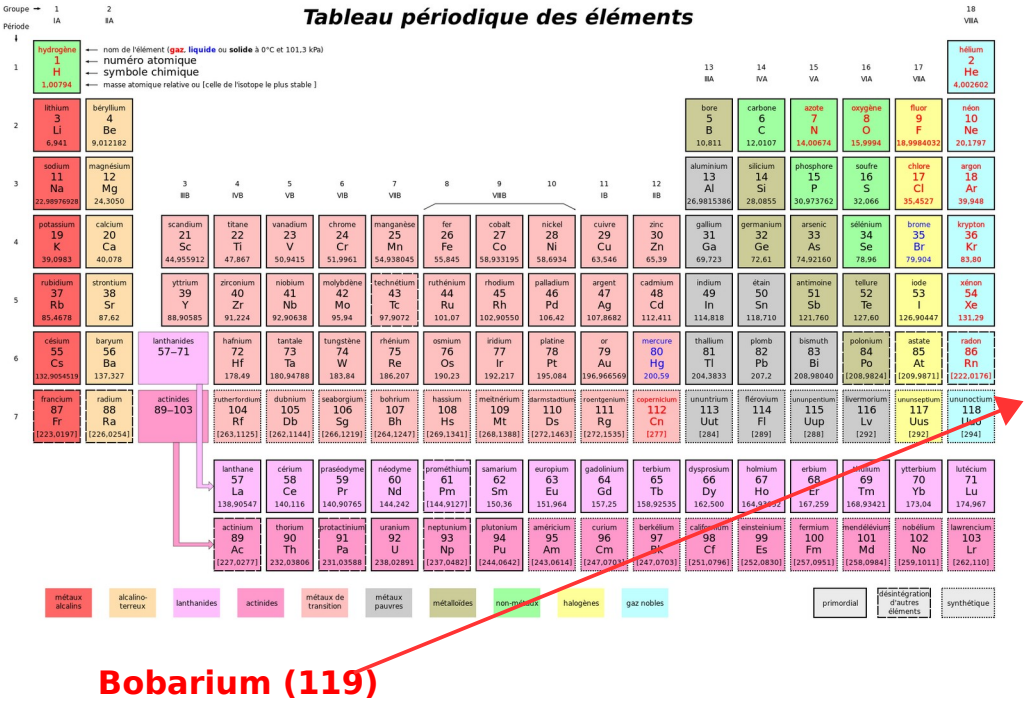
1 – Introduction

Ce mini-projet de synthèse doit permettre à des équipes de 2 étudiants de ré-exploiter les notions abordées en architecture, système d'exploitation, multi-tâches, programmation réseaux, mobile et les outils de développement.

2 – Cahier des charges

2.1 - Présentation

Une équipe de chercheurs de l'université de Balnave vient de découvrir un nouvel élément : le **Bobarium**. Dans la classification de Mendeleïev, il s'agit de l'élément 119, un métalloïde aux propriétés étonnantes puisqu'il permettrait de tripler les performances des panneaux photovoltaïques actuels !

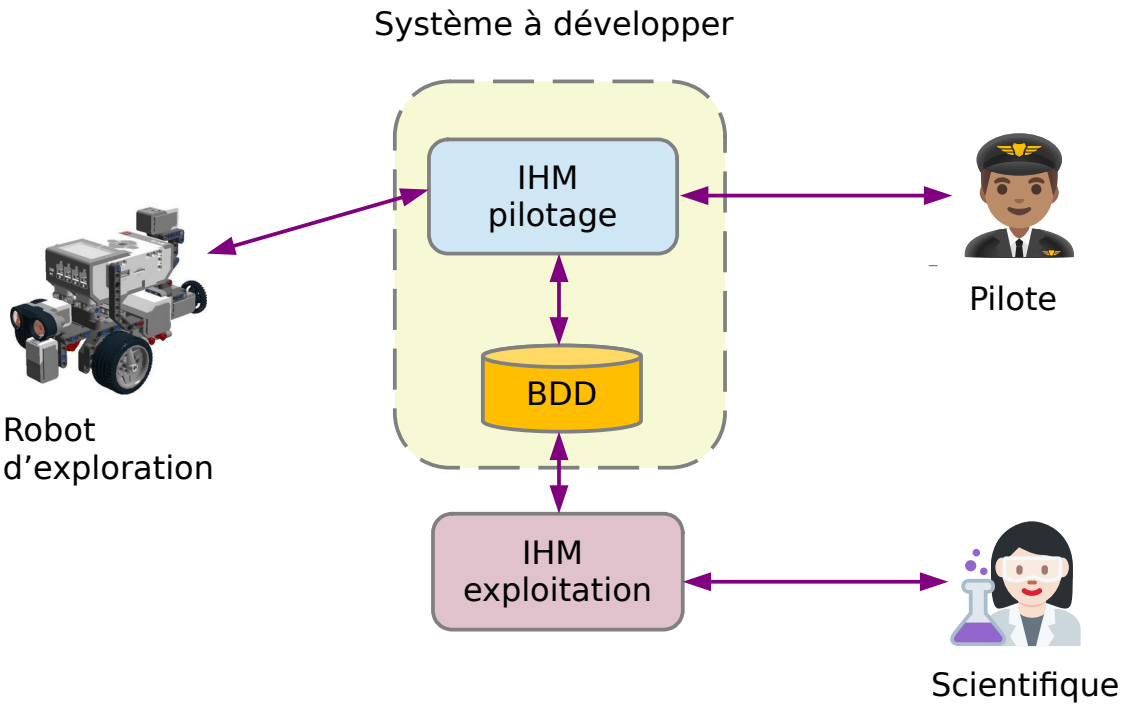


Ce métalloïde ne se trouve sur terre que dans les régions naturellement radioactive et donc dangereuses pour l'exploration. Plus précisément, on le trouve dans le sous-sol de grottes où une fumée épaisse empêche l'utilisation de caméra traditionnelle.

L'idée serait donc de piloter à distance un **robot d'exploration** équipé d'un capteur de Bobarium pour cartographier une zone donnée. Il serait équipé d'un capteur ultra-son en remplacement d'une caméra pour visualiser son environnement comme ce que peuvent faire les chauves souris (les ultra-sons sont utilisables dans les épaisses fumées contrairement aux ondes lumineuses)

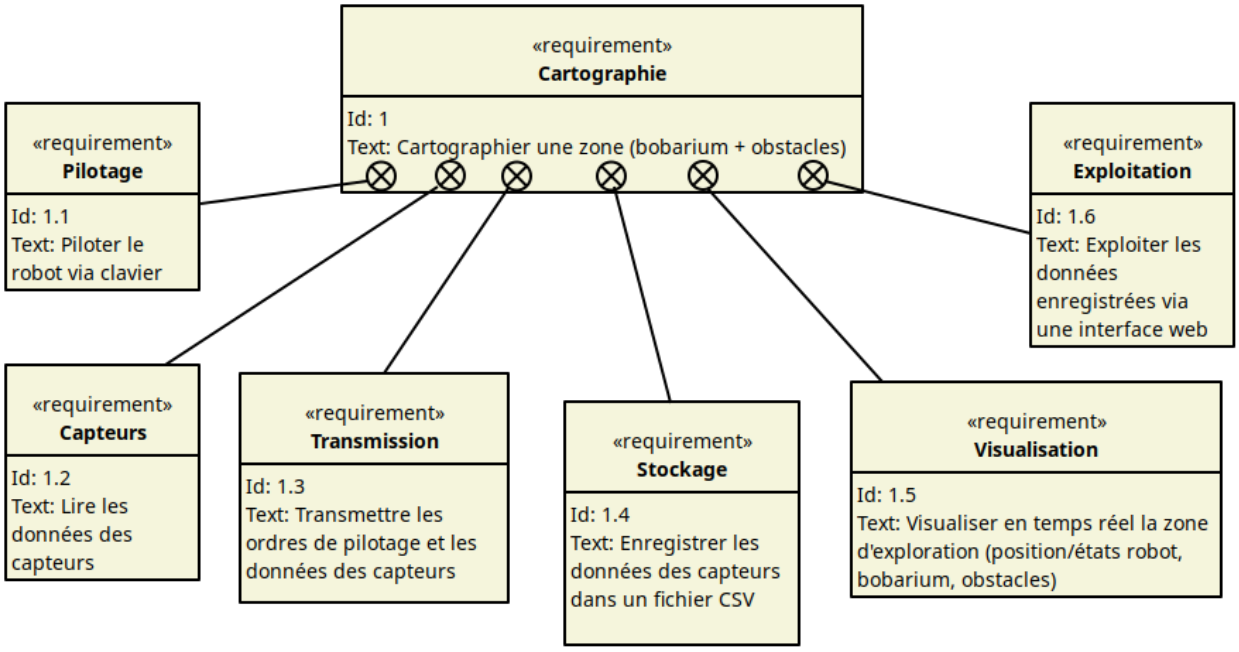
2.2 - Objectifs

Pouvoir **piloter** à distance un robot en évitant les obstacles et **récupérer** les mesures de présence de Bobarium effectuées sur le terrain pour les **enregistrer** dans une base de données.



2.3 – Expression du besoin

Ci-dessous le diagramme SysML des exigences. Chaque bloc exprime une fonctionnalité à réaliser.



2.4 – Contraintes

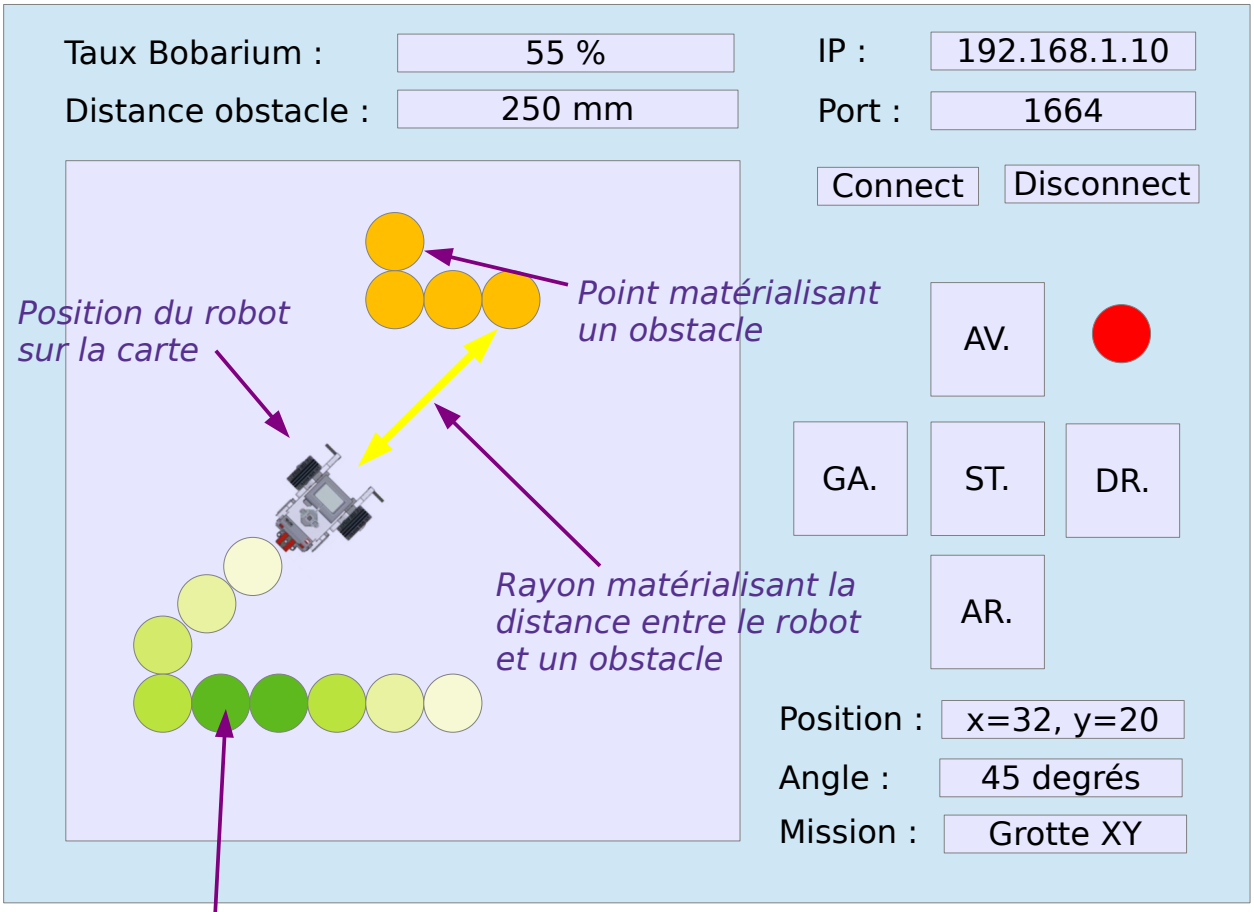
Afin de ne pas surcharger le diagramme des exigences, les contraintes et précisions liées à chaque exigence sont rappelées dans le tableau ci-dessous.

Exigence	***Contraintes/précisions***
1.1 Pilotage	Le pilotage du robot se fera via un smartphone. On retrouvera les ordres de pilotage associés à des boutons (1er niveau) ou les accéléromètres (2nd niveau) • avancer/reculer (bouton ou/et accéléromètres) • tourner gauche/droite (bouton ou/et accéléromètres) • stopper (bouton ou/et accéléromètres) • lever/baisser barre (bouton) • allumer/éteindre LEDS (bouton) • débuter/arrêter enregistrement données CSV
1.2 Capteurs	Le robot renverra au système différentes informations • le taux de Bobarium mesuré dans le sol (en pourcentage) • la distance robot/obstacle (en mm) • la position angulaire du robot (en degrés) • la position angulaire des 2 roues (en degrés)
1.3 Transmission	La transmission des ordres de pilotage et des informations se fera via une liaison réseau wifi. • le protocole HTTP sera privilégié ainsi que le format JSON pour l'encodage des informations • les données issues des capteurs du robot devront arriver toutes les secondes environ (voir 1.5) • idéalement cette liaison sera chiffrée pour éviter toute fuite d'informations (2nd niveau)
1.4 Stockage	Le stockage des informations s'effectuera dans un fichier CSV sur le robot de manière à ce qu'en fin de mission, on puisse récupérer ce fichier pour traitement par l'équipe scientifique. Le fichier est nommé selon le nom de la mission, la date et l'heure de début d'enregistrement
1.5 Visualisation	Le pilote du robot pourra visualiser en temps réel (délai=1s) sur une IHM la zone d'exploration avec : • la position du robot (à calculer à partir des données des capteurs : xr, yr, angle) • les obstacles (xo, yo) • les points d'échantillons des taux de Bobarium (xs, ys, couleur) Voir le détail de l'IHM attendue au 2.5
1.6* Exploitation	Via une IHM web

(*) : non demandées dans ce mini-projet

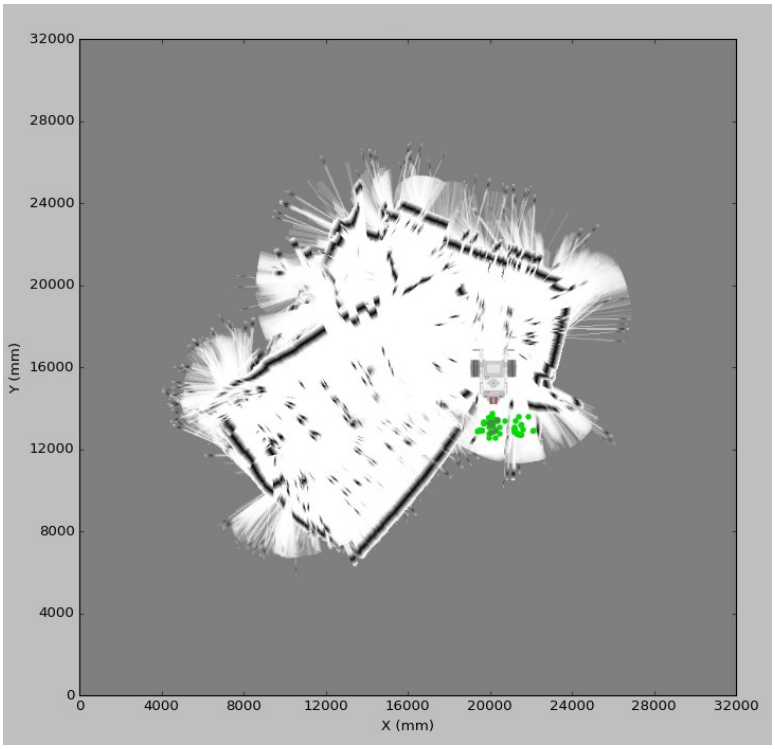
2.5 – IHM

Proposition d'IHM de pilotage à adapter selon l'écran (pc ou smartphone) :



Points de mesure Bobarium: plus le taux est important plus la couleur est foncée

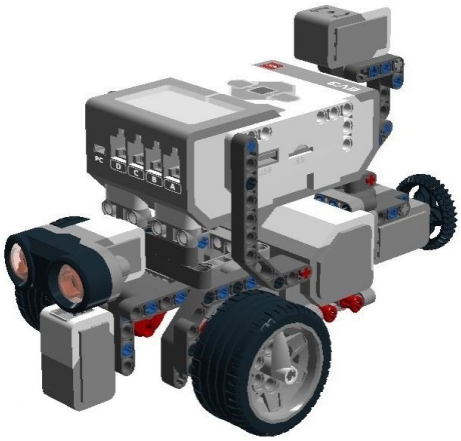
Résultat possible en dessinant chaque rayon se terminant par un point sombre pour matérialiser les obstacles



2.6 – Ressources

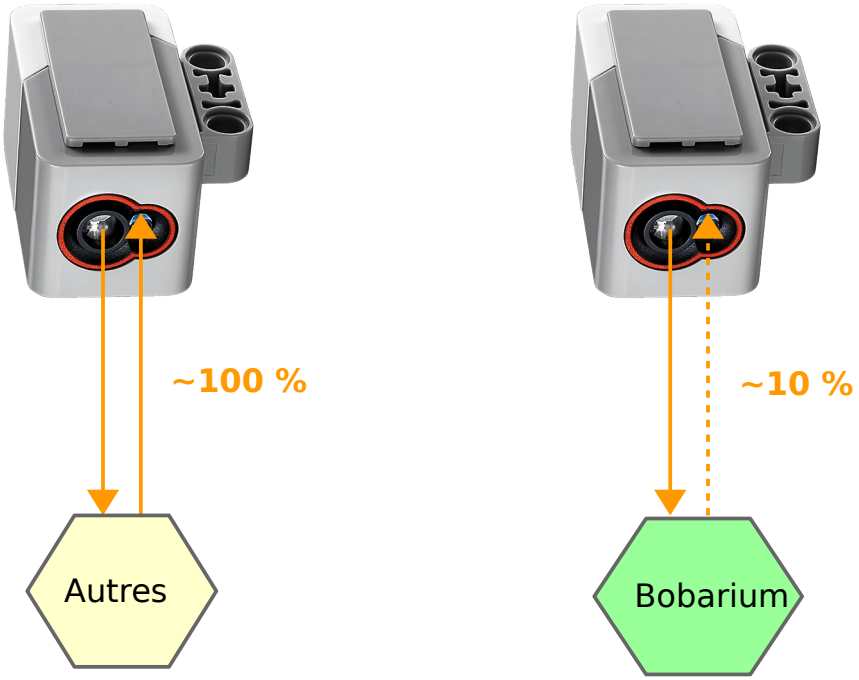
2.6.1 – Système d’exploitation

Le robot utilisé sera un **EV3 Mindstorm** de chez LEGO équipé d'un système d'exploitation Linux Debian 9 (Stretch) et de l'environnement Micropython Pybricks. De plus, un dongle wifi vous permettra de pouvoir piloter à distance et récupérer les mesures effectuées.



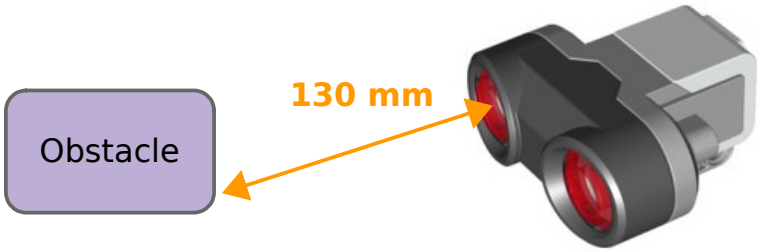
2.6.2 – Capteur de Bobarium

Le robot portera un capteur de Bobarium. Ce capteur envoie un signal spécial dans le sol. Si celui-ci revient à 100 % c'est qu'il n'y a pas de Bobarium en dessous. Si le signal ne revient que faiblement par exemple à 10 %, c'est que du Bobarium se trouve en dessous et qu'il a absorbé une grande partie de l'énergie du signal d'origine.



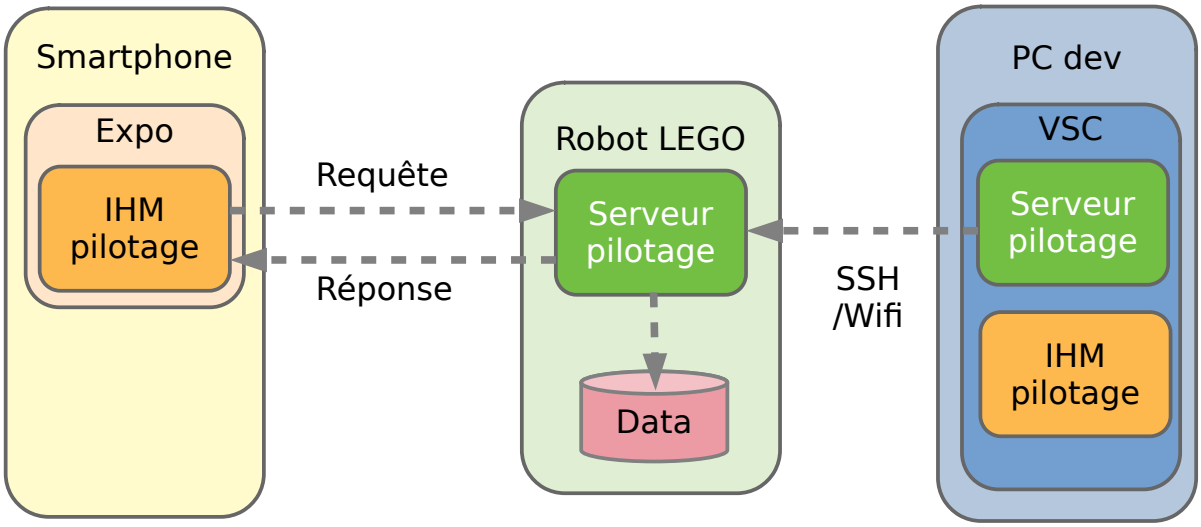
2.6.3 – Capteur ultrason

Le robot utilisera également un capteur ultrason. Ce dernier permettra de mesurer la distance entre d'éventuels obstacles et le robot. Le pilote à l'instar d'une chauve souris pourra ainsi éviter les obstacles présents sur la zone de recherche.



2.6.4 – Logiciels

Ci-dessous le synoptique global de votre environnement de développement



Le PC de développement du serveur de pilotage Python utilisera :

- un éditeur texte, par exemple **Visual Studio Code**
- l'extension **Lego EV3 Mindstorm EV3 Micropython** pour développer à distance avec le robot
- l'outil **ssh** pour débugguer le programme à distance sur le robot

Le PC de développement de l'IHM utilisera :

- un éditeur texte, par exemple **Visual Studio Code**
- L'application **Expo.go**
- Le framework **React Native**

3 – Évaluation

3.1 – Travail à rendre

A la fin du mini-projet il vous faudra rendre par équipe, via Moodle un fichier texte contenant le lien vers le dépôt github de votre projet. Ce dernier contiendra :

- un dossier **`robot`** avec le code source Python du programme serveur embarqué dans le robot
- un dossier **`ihm`** avec le code source React Native de l'IHM sans le dossier « node_modules » (utiliser un fichier .gitignore)
- un fichier **`README.md`** avec la documentation du projet
  - *qui a fait quoi dans l'équipe ?*
  - *comment installer et utiliser le produit ?*
  - *comment fonctionne le protocole réseau ?*

Parce que c'est un mini-projet complexe, vous devrez prioriser vos tâches dans votre travail.

Côté **robot**, on pourra ordonner les tâches de manière incrémentale :

1. un serveur TCP simple qui répond à une requête HTTP (déjà vu en TP)
2. idem précédent mais qui retourne de fausses valeurs en JSON
3. idem précédent mais qui retourne les vraies valeurs issues des capteurs
4. idem précédent mais qui reçoit et décode la requête de pilotage
5. idem précédent mais qui exécute les ordres décodés
6. idem précédent mais qui chiffre et déchiffre les messages
7. idem précédent mais qui travaille en multi-tâches
8. idem précédent mais qui synchronise les tâches (Semaphore ou Queue)

Côté **IHM**, on pourra ordonner les tâches de manière incrémentale :

1. une IHM avec des éléments inactifs
2. idem précédent mais qui effectue une requête HTTP au robot lors de l'appui sur un bouton
3. idem précédent mais qui reçoit/analyse/affiche la réponse (valeurs des capteurs)
4. idem précédent mais qui récupère les données toutes les 1s
5. idem précédent mais qui utilise les accéléromètres
6. idem précédent mais qui chiffre et déchiffre les messages
7. idem précédent mais qui calcule/dessine la position du robot, Bobarium, obstacles

3.2 – Critères d'évaluations

Voir la grille d'évaluation donnée à titre indicatif dans Moodle. Elle est susceptible d'évoluer...

CDC :: Pilotage (1.1)	Aucun pilotage possible ***0 points***	Une partie des ordres possibles depuis les boutons ***1 points***	Tous les ordres sont fonctionnels en utilisant les boutons ***2 points***	Le robot est pilotable avec les boutons et en utilisant les accéléromètres ***3 points***
CDC :: Capteurs (1.2)	Aucun capteur asccessible ***0 points***	Une partie des capteurs est accessible ***1 points***	Tous les capteurs sont accessibles ***2 points***	Tous les capteurs sont accessibles et la gestion des capteurs en erreur est prise en compte ***3 points***
CDC :: Transmission (1.3)	Aucun échange entre le robot et le smartphone ***0 points***	Echanges partiels en qualité (HTTP+JSON?) ou en quantité (requête+réponse) ***1 points***	Echanges complets ***2 points***	Les échanges sont complets et chiffrés/déchiffrés ***3 points***
CDC :: Stockage (1.4)	Aucune données enregistrées sur le robot ***0 points***	Quelques données enregistrées dans un fichier CSV ***1 points***	Toutes les données sont enregistrées dans un fichier CSV ***2 points***	Le nom du fichier CSV est horodaté en fonction de l'ordre d'enregistrement reçu (nom mission + jour + heure) ***3 points***
CDC :: Visualisation (1.5)	Aucune information affichée ***0 points***	Informations affichées textuellement ***1 points***	Une partie des informations affichées graphiquement ***2 points***	Toutes les informations sont affichées textuellement et graphiquement sur la carte ***3 points***
PROJ :: délais	Très en retard ***0 points***	Un peu en retard ***1 points***	Dans les délais ***2 points***	
PROJ :: dépôt github	Dépôt quasiment ou pas utilisé ***0 points***	Dépôt peu ou mal utilisé ***1 points***	Dépôt bien organisé avec de nombreux commits voire branches ***2 points***	
PROJ :: Scrum	Aucune gestion de projet ***0 points***	Gestion de projet agile partielle ***1 points***	Gestion de projet agile avec Scrum (US+backlog+sprints+burndow ***2 points***	
CODE :: organisation	Organi-quoi ? ***0 points***	Un semblant d'organisation émerge ***1 points***	Bien organisé (POO, découpage) ***2 points***	
CODE :: commentaires	Aucun commentaire ou presque ***0 points***	Pas assez de commentaires ***1 points***	Code bien commenté ***2 points***	
CODE :: multi-tâches	Pas multi-tâches ***0 points***	Multi-tâches mis en oeuvre mais pas fonctionnel ***1 points***	Multi-tâches mis en place et fonctionnel ***2 points***	
DOC :: README.md	Aucune documentation ***0 points***	Documentation présente mais défaillante soit en qualité, soit en quantité ***1 points***	Documentation présente en qualité et quantité ***2 points***	

5 – Éléments de codage

Tous les éléments de codage donnés ci-dessous ne forment qu'une trame que vous pouvez suivre ou pas. Les étudiants plus à l'aide devraient pouvoir complètement s'en passer.

5.1 – Pour la communication

5.1.1 – Protocole

Les protocoles « texte » sont souvent les plus simples à mettre en œuvre. Le tableau ci-dessous situe le protocole BOBARIUM par rapport au modèle OSI :

Couche OSI (numéro)	***Couche OSI (nom)***	***Description***
7	application	Protocole BOBARIUM
6	présentation	Protocole BOBARIUM
5	session	Protocole BOBARIUM
4	transport	TCP
3	réseau	IP
2	liaison	Wifi + Ethernet
1	physique	Wifi + Ethernet

Afin de ne pas réinventer la roue, on choisira de s'appuyer sur le protocole **HTTP** et l'encodage **JSON** pour la mise en œuvre du protocole BOBARIUM.

Une requête en provenance du smartphone pourra ainsi être encodée ainsi et envoyée à l'aide de la fonction **fetch()** :

```
{
  "mouvement": "AVANCER",
  "vitesse": 100,
}
```

Et la réponse du serveur embarqué dans le robot pourra être encodée comme suit :

```
{
  "angle": 241,
  "distance": 78,
  "bobarium": 99,
  "moteur_gauche": 360,
  "moteur_droite": 360
}
```

En y intégrant l'en-tête HTTP cela pourrait donner :

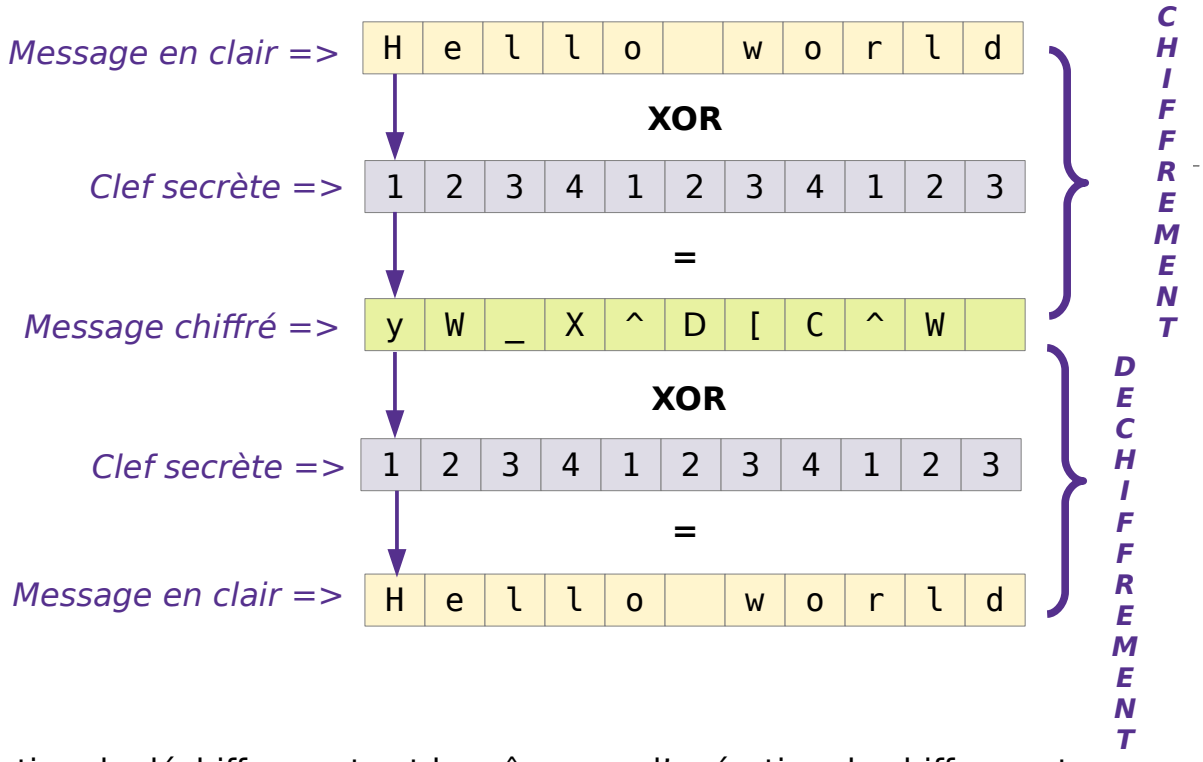
```
HTTP/1.1 200 OK\r\n
Content-Length: 90\r\n
Content-Type: application/json; charset=UTF-8\r\n
\r\n
{"angle": 241, "distance": 78, "bobarium": 99, "moteur_gauche":
360, "moteur_droite": 360}
```

5.1.2 – Sécurité

Le chiffrement XOR est relativement aisé à mettre en œuvre en C++ (opérateur ^). Le principe est le suivant, pour chaque caractère :

```
H => 0x48 en ASCII => 0100 1000
                       XOR (^)
1 => 0x31 en ASCII => 0011 0001
                      ---------
                      0111 1001 => 0x79 en ASCII => y
```

1) code ASCII du message en clair :
2) code ASCII de la clef secrète : 1



L'opération de déchiffrement est la même que l'opération de chiffrement.

5.2 – Pour l'IHM

5.2.1 – Les outils React Native

Lors d'un précédent TP, vous avez eu l'occasion de découvrir l'environnement de développement React Native. Voici les composants qui pourront vous être utiles pour ce mini-projet :

- ➔ La fonction **fetch()** permettra de communiquer en réseau avec le robot de manière asynchrone.
- ➔ Le composant **react-native-svg** ou **react-native-canvas** devraient vous permettre de dessiner sur un écran
- ➔ La fonction **setTimeout()** vous permettra d'envoyer une requête pour récupérer les valeurs du robot à intervalle régulier.

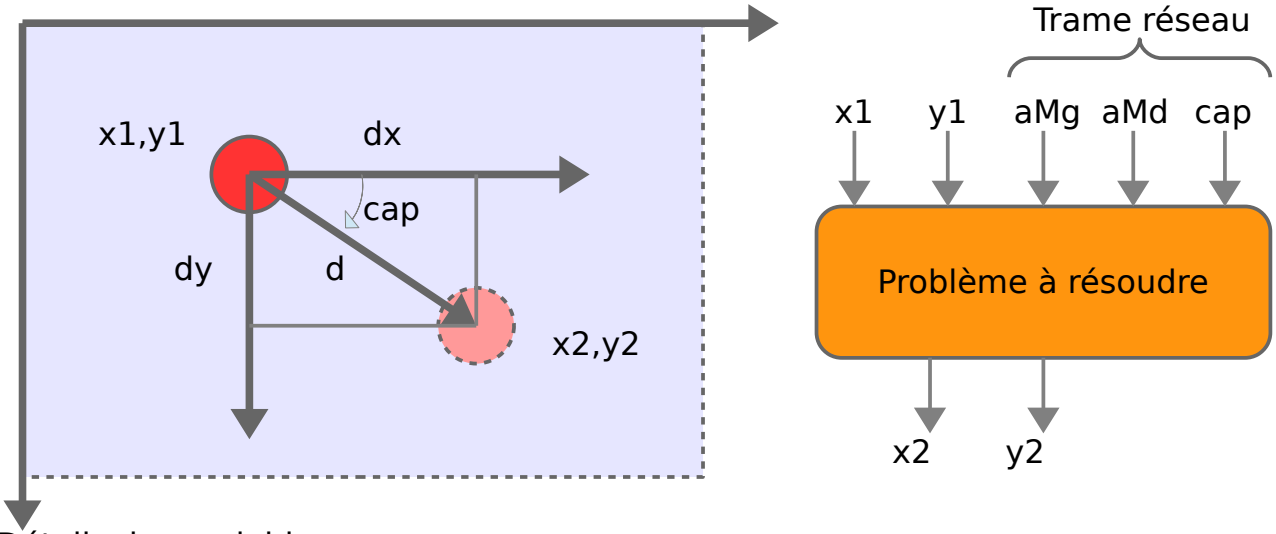
5.2.2 – Transformer les valeurs en carte

Une première approche simplificatrice consistera à considérer que le robot ne peut effectuer que certains mouvements :

- avancer ou reculer (les 2 moteurs avancent à la même vitesse)
- tourner sur place (les 2 moteurs tournent en sens inverse)

Ainsi on évite les mouvements en arc de cercle plus difficile à calculer et tracer.

Voici une modélisation dans le plan de la position du robot



Détails des variables :

- x1, y1 : position actuelle du robot
- x2, y2 : nouvelle position du robot
- aMg, aMg : respectivement angle du moteur gauche et droit
- cap : cap vers où « regarde » le robot

Algorithme de calcul de la nouvelle position du robot (idem pour obstacle)

```
# Ce qui est connu au début
diametre_roue = 56
x1 = 0
y1 = 0

# Ce qui est récupéré de la trame issue du robot
aMg = # angle du moteur gauche (issu du tachymètre)
aMd = # angle du moteur droite (issu du tachymètre)
cap = # cap du robot (issu du gyroscope)

# Ce qui est calculé
perimetre_roue = (2 * 3.14 * (diametre_roue / 2))
aMgMd = ((aMg - aMg_old) + (aMd - aMd_old)) / 2
d = (aMgMd * perimetre_roue) / 360
dx = d * cos(cap)
dy = d * sin(cap)
x2 = x1 + dx
y2 = y1 + dy

# Mémorisation des angles des 2 roues pour prochain calcul
aMg_old = aMg
aMd_old = aMd
```

La couleur du nouveau point est fonction du taux de Bobarium. Plus il est sombre, plus il y a de Bobarium dans le sol.