

# Rapport bibliographique

*Année scolaire 2022-2023*

## **ROBOT POMPIER**

**Etudiant :   RIO Guillaume  
                  BHIKIR Oumnia**

# SOMMAIRE

Introduction	3
Chapitre I : La base du robot	
I.1. Structure du robot	4
I.2. Mobilité du robot	
I.2.1. Présentation	5
I.2.2. Choix concret	5
I.3. Détecteur de température	6
I.4. L'accéléromètre	6
I.5. Les moteurs	
I.5.1. Nombre de moteurs	6
I.5.2. Les chenilles	8
I.6. Alimentation	10
I.7. La carte électronique	11
Chapitre II : Le bras robotique	
II.1. Présentation des fonctionnalités du bras robotique	11
II.2. Description fonctionnelle	
II.2.1. Nombre d'axe et explication de l'utilité de chaque axe	12
II.2.2. Mesure de notre bras	13
Chapitre III : Détection de son environnement	
III.1. Caméras	14
III.2. Détections des murs et obstacles avec leurs distances	15
III.3. Stratégie de déplacement	15
Chapitre IV : Gestion de projet	
IV.1. Gant	16
Conclusion	18

# Introduction

De nos jours, les robots creusent peu à peu leur sillon au sein des pompiers français. Il va sans dire que Colossus, robot de Shark Robotics est un allié utile et efficace pour les pompiers dans leurs missions : extinction de feu, transport de matériel, évacuation de blessés, déplacement d'obstacles. Il a notamment été déployé lors de l'incendie de Notre-Dame.

Dans le cadre de notre projet nous comptons remonter le temps quelques minutes avant le début du sauvetage.

En effet, pour secourir, un pompier doit naturellement entrer dans le bâtiment, ainsi lors de l'exploration du bâtiments, il est amené à ouvrir des portes, et parfois le pompier se retrouve face à une explosion de fumées, un accident thermique causé par l'arrivée d'air frais dans un local clos contenant des imbrûlés.

Notre mission consistera à faire éviter ce danger indéniable aux sauveteurs, notre robot autonome, programmé au préalable sera capable de distinguer les portes, se diriger droit vers elles, les ouvrir et ceux qu'importe le type de poignets. Notre robot sera constitué d'une plateforme mobile sur chenille dotée d'une caméra prenant en charge la détection des portes et d'un bras mobile sur 4 axes pour ouvrir cette dernière. Il possèdera également une multitude de capteurs afin de détecter son environnement, des ventilateurs pour réguler la température de l'électronique et d'une batterie de façon à assurer son autonomie au sein du bâtiment.

Nous allons tout d'abord commencer par détailler la base du robot (à renommer), nous expliquerons la constitution et le fonctionnement de notre bras robotique, ensuite nous décortiquerons notre choix de capteurs, alimentation et moteurs pour finir avec nos propres objectifs globaux.

# Chapitre I : La base du robot

Cahier des charges à respecter :

- Contraintes de taille : 20\*40\*30.
- contrainte de masse 4,5 kg.
- contrainte de haute température atteignant les 1000°C.
- une vitesse de 1m/s avec une accélération constante de  $0,5\text{m/s}^2$ .
- l'angle d'inclinaison maximal est de 40°.
- tension d'entrée 12V à convertir selon les besoins.
- alimentation de 12V/4500mAh.

## I.1. Structure du robot :

Dans cette partie nous discuterons l'ergonomie du robot, le choix, la taille et volumes des matériaux utilisés en tenant compte des contraintes liées à notre milieu de fonctionnement.

La taille imposée limite nos configurations possibles, ainsi nous choisissons de partir sur un robot cubique, plus précisément une plateforme mobile isolante de dimension 20\*40\*30.

La carrosserie de notre robot pourrait être construite basée sur les matériaux suivant :

- Métaux pour leur point thermique "respectable" ( aluminium, titane (le poids est un réel obstacle)
- En impression 3D, sauf que les polymères passent à l'état liquide rapidement.

Nous utiliserons donc l' aluminium, un matériau léger, robuste et durable, ce n'est pas l'isolant thermique d'excellence en tant que tel mais nous pourrons alors combler les espaces intérieurs avec des isolants comme la laine de verre ou du liège, et puis lui refiler une couverture de sauvetage.

Le châssis sera alors constitué d'une plaque en aluminium 3mm d'épaisseur que nous découperont au laser. Les moteurs seront fixés directement aux plaques avec les cartes électroniques. Les capteurs seront positionnés sur des petits supports afin d'être positionnés où on le souhaite, par exemple la caméra devra être positionnée à l'avant de notre robot devant une petite vitre ( en PTFE, polymère avec point de fusion de 325°). Les composants seront aussi entourés de liège et le bras, soudé en haut de notre structure relié mécaniquement au moteur posé sur le châssis.

Notre structure étant complètement isolée de l'intérieur, pour éviter que la température n'augmente trop, il nous faut assurer sa ventilation .

**Modules de ventilateurs de refroidissement 5V** (même tension nécessité par l'arduino donc pas besoin d'intégrateur pour le moment) : 75mm diamètre, stable , compatible arduino, permet refroidissement rapide (++).

Noctua NF-P12 redux-1700 PWM 18\*17\*3.2/12V

**Dissipateur thermique en aluminium** (ensemble de dissipateurs thermiques en aluminium pur ).

**Les blindages thermiques** existent également, une solution lourde et onéreuse.

Notre robot devra se déplacer dans un milieu sombre. Ainsi la fumée et la poussière risque d'endommager voir boucher nos ventilations, il faudra donc ajouter les filtres à fumée afin d'assurer leur bon fonctionnement.

**filtre anti fumée Kit de Filtres Litter-Robot 2** (tel les robots aspirateurs) le milieu étant très poussiéreux, les composants risquent d'être endommagés et les voies de ventilations bouchées.

**Les filtres HEPA**, sont aujourd'hui la technologie la plus efficace pour lutter contre la poussière.

*L'explosion de fumée se produit à partir des 500°C et atteint les 1000°, nous avons ainsi décidé d'allier ventilateurs et dissipateurs pour protéger l'intégrité des composants, ajouté à cela des filtres qu'il faudra entretenir.*

## **I.2. Mobilité du robot :**

### **I.2.1. Présentation**

Notre petit pompier sera conçu pour se déplacer sur des terrains non homogène et glissant , pour assurer une mobilité multidirectionnelle plusieurs options s'offre à nous :

- Un système de roues : des roues omnidirectionnelle (mecanum) ou 4/6 roues pour assurer une bonne stabilité.
- Un système de chenille (rayon =10 cm) : le volume à occuper constitue un réel désavantage car elles devront faire toute la longueur du robot, le nombre de pignons d'entraînement limitera aussi le nombre de moteur à utiliser , toutefois on réussira à avoir une grande surface de contact, permettant de réduire les glissements et répartir uniformément le poids. Les virages sont aussi simplifiés par le principe de rotation autour de leur propre axe.

### **I.2.2. Choix concret**

Nous avons décidé de choisir un système de chenille pour l'instant, (les roues restent une option à envisager) nous aurons besoins de :

- 2 moteurs d'entraînement
- 1 paire de chenille
- 3 roues crantés qu'on fera nous même

Des possibilités :

<https://www.cdiseout.com/auto/pneus/paire-de-chenille-en-caoutchouc-66cm-pour-montage/f-13364-auc0791383375327.html#mpos=0|mp?>

<https://www.cdiseout.com/jardin/piscine/2-chenilles-adaptables-pour-zodiac-mx6-mx8-mx9-pn/f-163180201-auc8756842763604.html?idOffre=2071319925#mpos=0|mp?>

<https://www.cdiseout.com/auto/pneus/roue-de-chenille-de-chenille/f-13364-auc0787926840957.html#mpos=0|mp?>

Nous allons maintenant préciser comment notre robot se déplacera. Tout d'abord, pour réaliser un virage, nous stopperons une chenille et ferons avancer l'autre. Si nous avons besoin de réaliser un virage très serré, la chenille stoppée pourra réaliser une marche arrière.

Pour la vitesse de notre robot, nous n'avons pas réellement de contrainte. Le robot ne doit pas être trop lent pour ne pas faire perdre de temps au pompier. Il ne doit pas non plus oublier les zones à risques et doit être méticuleux. Nous avons donc décidé de partir sur une vitesse maximale de 1m/s (3.6km/h).

### I.3. Détecteur de température

Nous aurons besoin d'un Détecteur de température afin d'assurer le bon fonctionnement de notre électronique. A cause de la contrainte de la chaleur, la plupart de nos composants électroniques sont défaillants au-delà de 50 degrés, il nous faudra donc un moyen de connaître la température à l'intérieur de notre robot en temps réel.

Si celle-ci dépasse les 50 degrés, un mode d'urgence sera enclenché : revenir en arrière ou augmenter la vitesse de nos ventilateurs si celle-ci n'est pas encore au maximum.

- [https://www.amazon.fr/ICOUANZX-Module-capteur-temp%C3%A9rature-DS18B20/dp/B07VG4121X/ref=sr\\_1\\_5?keywords=capteur+temp%C3%A9rature+arduino&qid=1665080504&qu=eyJxc2MiOiI0Ljc5IiwicXNhIjojNC41MiIsInFzcCI6IjQuMTkifQ%3D%3D&sr=8-5](https://www.amazon.fr/ICOUANZX-Module-capteur-temp%C3%A9rature-DS18B20/dp/B07VG4121X/ref=sr_1_5?keywords=capteur+temp%C3%A9rature+arduino&qid=1665080504&qu=eyJxc2MiOiI0Ljc5IiwicXNhIjojNC41MiIsInFzcCI6IjQuMTkifQ%3D%3D&sr=8-5)

### I.4. L'accéléromètre

Notre robot aura besoin d'un accéléromètre afin de déterminer sa vitesse et sa position lors des déplacements. Ce capteur sera surtout utilisé pour détecter toute déstabilisation ou retournement du robot.

Il pourrait aussi gérer la vitesse, la précision sera assurée par un PID dans les moteurs et un alignement d'engrenages formant un réducteur.

Un gyroscope et une boussole seront aussi utilisés pour maintenir la vitesse et estimer l'orientation de notre robot.

En combinant ces mesures, on obtient un AHRS: un système capable d'estimer en temps réel son orientation dans l'espace, de manière simplifiée.

- <https://www.gotronic.fr/art-accelerometre-3-axes-sen0032-20607.htm>
- Gyroscope MPU-6050

### I.5. Les moteurs

#### I.5.1. Bras robotique

Notre bras robotique sera muni de 4 moteurs principaux correspondants aux "articulations" et mouvements à réaliser (partie II.2.1).

La consigne principale sera d'orienter le bras selon des angles précis calculés au préalable.

- Axe 1 : rotation de 180° autour de sa base
- Axe 2 : rotation de 90° dans le plan (OXY)
- Axe 3 : pivot de 45°
- Axe 4 : représente le champ de mouvement de notre pince devra être capable de s'adapter au type de poignet et donc faire un mouvement d'abaissement pour les poignées avec béquille ou un mouvement de rotation pour celles à boutons.

Ainsi deux choix s'offrent à nous :

## 1 . Un moteur pas à pas :

Ce moteur peut fonctionner en pas ou en micropas pour plus de précision, chaque impulsion donnée correspond à un déplacement précis ce qui constitue un réel avantage, le couple de démarrage reste par contre assez faible.

## 2 . Servomoteur :

L'asservissement en position (ou en vitesse) d'un robot équipé d'un tel système est simple, l'environnement de programmation est doté d'une bibliothèque préfabriquée, une simple alimentation suffit à le faire tourner, enfin le battement maximale est de 180° qui correspond à notre angle de rotation maximale.

⇒ Solution choisie :

### 1. pour la pince :

Brushless non mentionné ci-dessus, en effet le pas à pas pourrait être une solution, son poids néanmoins représente un réel désavantage

Pour le même couple un brushless est 3 fois plus léger, nous optimisons ainsi le poids de notre robot. Cette technologie permet également de maximiser la puissance, abaisser une poignée nécessite une force dépassant celle fournie par les servomoteurs et réduire les risques de pannes .

### Brushless necessities :

Fonctionne à 50 Hz, avec une tension supérieure à celle fournie par l'Arduino (5V) , une alimentation externe connecté directement à l'ESC et non par l'intermédiaire de l'Arduino. (ce qui orientera notre choix de batterie).

L'ESC est le variateur qui nous permettra de réguler la vitesse des moteurs brushless en recevant une valeur PWM par le récepteur pour ensuite tourner les moteurs, 2ms fera tourner le moteur à sa vitesse maximale alors qu'1 ms représente le minimum.

*Pour connaître la vitesse de rotation d'un moteur brushless, on regardera son 'kV' ou 'rpm / V' puis multiplierons ce nombre par le voltage de la batterie.*

### Les différents moteur Brushless qui pourraient nous convenir :

24mm Brushless DC gear motor - 12V 20RPM

<https://www.robotshop.com/en/24mm-brushless-dc-gear-motor-12v-20rpm.html>

24mm Brushless DC gear motor - 12V 9.5RPM

<https://www.robotshop.com/en/24mm-brushless-dc-gear-motor-12v-95rpm.html>

24mm Brushless DC gear motor - 12V 100RPM

<https://www.robotshop.com/en/24mm-brushless-dc-gear-motor-12v-100rpm.html>

*Ces moteurs n'ont pas besoin d'un controller ou de driver additionnel.*

## 2. Pour le reste du bras :

Nous choisissons 3 servomoteurs, une haute précision n'étant pas nécessaire. il nous suffira de préciser un angles de rotation.

### **Servomoteur necessities :**

Fonctionne sur le principe PWM, avec une broche connecté au 5V de l'arduino.

### **I.5.2. Les chenilles**

Les servomoteurs ne sont pas conçus pour la propulsion, les PAP ne tournent pas assez vite quand au brushless il tourne beaucoup trop vite, notre choix s'oriente alors vers des **moteurs DC + réducteurs** nécessaires aux mouvements des roues.

La direction du moteur DC peut être inversée en inversant simplement la polarité de la connexion de la batterie, ces deux sens de rotation nécessitent néanmoins un pont H, que nous utiliserons aussi pour éviter de connecter les moteurs directement à la carte arduino.

La vitesse et l'arrêt du moteur peuvent être contrôlés en modifiant le niveau de tension qui peut être modifié par le biais du signal PWM, puis nous pouvons déterminer la position et vitesse de notre moteur en relevant la position à des intervalles réguliers ( tel le servomoteur).

### **⇒ détermination caractéristiques des moteurs :**

Afin de déterminer la puissance et couple utile, nous procédons d'abord par estimation des facteurs manquants :

#### 1. Estimation de la masse

Module	Element	Masse estimée
Structure	Bras robotique	400g
	Châssis	900g
Transmission	Chenilles	200g
	Moteurs	900g
Electronique	Carte de commande	150g
	Alimentation	800g
	Autres cartes	300g
	Capteurs	250g
Divers		400g
	Total	<b>4500g</b>



Par ailleurs nous posons :

$$a=0,5\text{m/s}^2$$

$$\text{pente d'inclinaison} = 4\% \Leftrightarrow 40^\circ \text{ d'inclinaison}$$

Afin de trouver la puissance ( $P=f \cdot v$ ) et couple utile, on peut faire une étude mécanique du mouvement de translation du robot { système (robot) ; référentiel (terrain) }, soumis à trois principales forces y compris la force de frottement difficile à estimer car une bonne partie des frottements est dans la transmission .

Nous choisirons donc deux moteurs DC à caractéristique similaires :

### Entrée

Masse totale:	<input type="text" value="300"/>
	g
Nombre de moteurs d'entraînement:	<input type="text" value="4"/>
[#]	
Rayon de roue motrice:	<input type="text" value="0.03"/>
	m
Vitesse du robot:	<input type="text" value="2"/>
	m/s
Inclinaison maximum:	<input type="text" value="20"/>
[deg]	
Tension d'alimentation:	<input type="text" value="12"/>
[V]	
Accélération souhaitée:	<input type="text" value="0.2"/>
	m/s <sup>2</sup>
Temps de fonctionnement souhaité:	<input type="text" value="1"/>
	min
Efficacité totale:	<input type="text" value="65"/>
[%]	

### Sortie (pour chaque moteur d'e

Vitesse angulaire:	<input type="text" value="66.667"/>
	rad/s
Coupler:	<input type="text" value="0.012307"/>
	Nm
Puissance totale:	<input type="text" value="0.82043"/>
	W
Courant maximum:	<input type="text" value="0.068370"/>
[A]	
Batterie	<input type="text" value="0.0045580"/>
[Ah]	

\* Note: Rien que la cm soit utilisé sur la site D:

## I.6. Alimentation

### Batterie ou pile ?

Les piles auront en général un meilleur rapport taille/poids/énergie/(prix à l'unité)/courant max de décharge... que les batteries de type similaire. Par contre, elles ne se rechargent pas et ne peuvent donc être utilisées qu'une fois.

Pour éviter de devoir recharger ou remplacer souvent les piles, nous partirons sur une batterie.

Tout d'abord nous distinguerons les batteries dédiées à l'électronique (faibles variations de courant) et qui ne dépasseront pas une tension régulée à 5V, de celles dédiées aux actionneurs (les fortes variations de courant de moteurs), qui atteindront les 12V.

Nous rappelons que l'autonomie visée est de 30min, avec un temps de recharge raisonnable.

Afin de comparer deux batteries, nous regardons en premier lieux l'énergie :

Energie (en Wh) = tension (en V) \* capacité (en Ah ou souvent en mAh).

Types de batteries Paramètres	Li-Ion	Li-Po	NiMH	Pb
Rapport taille/poids/énergie	Le meilleur	Très bon	Bon	Le moins bon
Rapport prix/énergie	Le plus cher	Cher	Intéressant	Le moins cher
Courant de décharge max	Limité, variable	Important	Moyen, variable	Important
Stabilité de la tension	Stable	Stable	Moyen	Peu stable
Milieu confiné lors de la décharge/recharge	OK	OK	OK	Dangereux
Volume variable, dégagement de chaleur ou de gaz	Chaleur	Volume variable et chaleur	Chaleur	Chaleur et gaz
Sensibilité aux variations de température	Importante	Moyenne	Moyenne	Peu sensible
Résistance à l'écrasement et aux chocs	Explosion / incendie immédiats	Explosion / incendie immédiats	Risque d'incendie si très excessif	Risque d'incendie si très excessif
Résistance aux surcharges ou décharges trop profondes	Très mauvaise (mais couramment fourni avec protection)	Mauvaise (mais à relativiser vu les courants supportés)	Limitée	Bonne résistance
Circuit de protection nécessaire	Indispensable	Fortement recommandé	Variable	Variable
Circuit de charge contrôlée nécessaire	Indispensable	Indispensable	Fortement recommandé	Variable
Simplicité d'utilisation et robustesse générale	Complexe, circuits de protection et charge requis, mais simple au final car elles sont toujours livrées avec ces circuits	Moyenne, mais des checkers (surveillance de la tension avec alarme) sont facilement utilisables	Intéressant	Le plus simple et le plus robuste

Figure 4 “ tableau récapitulatif des types de batteries “

Le tableau (cf. Figure 4) récapitulatif ci-dessus, nous permet d'avoir une première idée sur les rapport capacité/énergie/poids.

Nous partons alors sur une seule source de tension et un convertisseur pour adapter la tension au besoin, cela permettra d'éviter les risques d'erreurs.

en procédant par élimination :

les batteries plomb sont trop lourdes.

Les batterie li-po doivent être mises dans des sacs de protection avec leur connecteur d'équilibrage utilisé pour qu'il n'y ait pas de déséquilibre de charge entre des éléments de la même batterie ( non adapté à un milieu combustible ).

Les batteries lithium représentent un choix intéressant en vue de leur technologie coûteuse, cependant nous jetons notre dévolu sur 10 cellules NiMh ( 1 cellule = 1,2V).

Nos 3\*servomoteurs nécessitent 5v d'alimentation chacuns, le brushless 12V et puis le DC 5V, un premier choix :

[https://fr.aliexpress.com/item/4000513353521.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.40895e60Qzv0oi&algo\\_pvid=29c4bc3d-e107-4069-8b99-0540b6594aff&algo\\_exp\\_id=29c4bc3d-e107-4069-8b99-0540b6594aff-2&pdp\\_ext\\_f=%7B%22sku\\_id%22%3A%2210000002521911563%22%7D&pdp\\_npi=2%40dis%21EUR%21203.18%2191.43%21%21%21%21%402100bdf016651272621503515e9c27%2110000002521911563%21sea&curPageLogUId=ftJMj8dX2HYb](https://fr.aliexpress.com/item/4000513353521.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.40895e60Qzv0oi&algo_pvid=29c4bc3d-e107-4069-8b99-0540b6594aff&algo_exp_id=29c4bc3d-e107-4069-8b99-0540b6594aff-2&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2210000002521911563%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21EUR%21203.18%2191.43%21%21%21%21%402100bdf016651272621503515e9c27%2110000002521911563%21sea&curPageLogUId=ftJMj8dX2HYb)

## I.7. La carte électronique

La carte que nous avons actuellement en main est une Arduino Uno.

Cependant, elle ne possède que 14 broches qui ne seront clairement pas suffisantes pour la connectique de tous nos capteurs et moteurs ( un moteur peut utiliser jusqu'à 6 broches). Notre compte s'élevant déjà à 6 moteurs, nous souhaitons donc naturellement s'orienter vers une carte arduino méga.

La compatibilité représente une deuxième contrainte. En effet, la plupart des capteurs de haute qualité ( fort résistant à la chaleur) sont incompatibles avec les cartes arduino.

Nous n'arriverons pas à refroidir suffisamment nos composants ( notre défi de haute envergure ), qui nous pousse même à envisager un passage vers une raspberry peut être.

Évidemment, une carte arduino méga est relativement limitée en performance. Toutefois c'est une première alternative, en attente d'une carte plus puissante qui nous permettra de pallier ce problème.

la carte Nvidia qu'on découvrira aux prochains cours.

# Chapitre II : Le bras robotique

## II.1. Présentation des fonctionnalités du bras robotiques

Précédemment en introduction, nous avons défini la fonctionnalité de notre robot :

*Il devra ouvrir des portes afin d'éviter tout risque d'explosion de fumée aux pompiers.*

Pour ce faire, la solution que nous avons décidé de choisir est de positionner un bras robotique sur le haut de notre robot, (pour maintenir l'équilibre du robot et rester le plus proche des poignets) . Toutes les pièces composantes du bras seront modélisées puis imprimées en 3D ( l'axe, la pièce permettant le mouvement de l'axe, la pièce reliant l'axe au moteur, support de moteur ) ou découpées au laser sur des plaques d'aluminium afin de réaliser nos pièces.

Des vis seront également utilisées pour assurer la cohésion.

Lorsqu'une porte sera détectée par la caméra, le bras devra positionner sa pince devant la poignée et réalisera le mouvement ( abaissement ou rotation) pour l'ouvrir. Le bras pourra réaliser des mouvements suivant 4 axes détaillés dans la partie suivante.

Si nous prenons en compte la chaleur, nous sommes obligés de placer l'entièreté des appareils électroniques à l'intérieur de la boîte isolante. Les différents mouvements de rotations/translation seront donc assurés par des moteurs placés sur le châssis reliés à des pièces en aluminium (axes et engrenages); des pièces qui seront également découpées à l'aide de la découpeuse laser.

Finalement, la pince est de loin le composant le plus essentiel de notre bras. Nous avons décidé de réaliser une pièce similaire à celle du Spot Mini de Boston Dynamics (cf. figure 2).

La chaleur étant toujours notre ennemi, le choix des matériaux se fait dur, d'autant plus si nous voulons les modéliser et imprimer .



Figure 1 “Robot SpotMini”

## II.2. Description fonctionnelle

### II.2.1. Nombre d’axe et explication de l’utilité de chaque axe

Notre bras sera capable de réaliser des mouvements selon 4 axes (cf. figure 1)

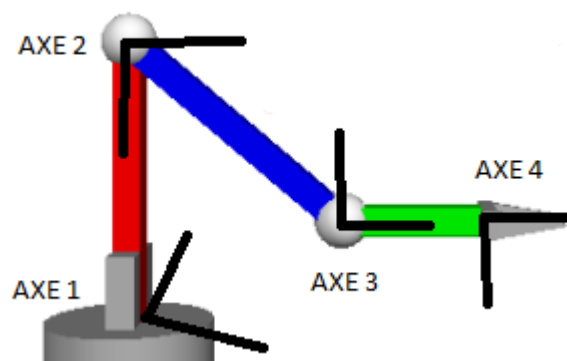


Figure 2 “Schéma des articulations de notre bras robotique”

- l’axe 1 (cf. figure 1) est celui défini par le plan de la base du bras reliée directement au châssis, il nous permettra d’ajuster l’orientation du bras vers la poignée.  
Une fois la poignée de la porte agrippée avec notre pince, cet axe nous permettra d’ajouter une force horizontale sur la poignée.
- L’axe 2 et l’axe 3 (cf. figure 1) permettront au robot de gérer la hauteur de positionnement de la pince. Ils serviront aussi à l’ouverture de la porte en réalisant une force verticale équivalente à tirer la poignée vers le bas.
- L’axe 4 (cf. figure 1) permettra quant à lui de faire tourner la pince selon le type de poignées, la pince pourra alors soit réaliser un mouvement de rotation (si la poignée de porte n’est pas un clenche) ou une translation verticale vers le bas.  
<< Une ouverture des poignées par aimant est envisageable, mais cela ajoute une nouvelle contrainte, toutes les poignées ne sont pas aimantées >>.

*Nous estimons dans un premier temps qu’une majorité des poignées sont sous forme de clenche.*

### II.2.2. Mesure de notre bras

Dans cette partie nous allons détailler les mesures des différentes parties de notre bras. Nous avons découpé les différentes parties par couleurs (cf. figure 1), à présent nous détaillerons en crescendo chaque parties individuellement.

Partie	taille	rôle
tronc rouge	15cm	liaison châssis/bras
tronc bleu	10cm	articulation trochléenne
tronc vert	10cm	poignet

Pour la conception et modélisation, nous nous inspirerons du bras robotique ABB irb 460, la plus proche concrétisation réelle de la forme que nous imaginons (cf. figure 3) en modulant les mesures selon nos besoins.

<https://www.turbosquid.com/fr/3d-models/abb-irb-460-industrial-robot-3d-max/942234>

( le lien ci dessus mène directement vers une modélisation complète du bras qu'on aspire à créer )



Figure 3 “ bras robotique 4 axes ABB irb 460”

# Chapitre III : Détection de son environnement

## III.1. Caméras

Notre robot sera équipé d'une caméra thermique épaulée par une caméra classique permettant d'assurer une vision en temps réel, au milieu des nuages de fumée à notre robot .

La caméra classique servira à détecter les portes et ensuite positionner le bras devant la poignée de porte. Pour ce faire, il faudra analyser les images renvoyées par cette dernière. Le programme que nous mettrons en place devra donc détecter les différentes lignes verticales, les analyser et chercher à trouver d'autres lignes horizontales qui correspondent à une porte.

La contrainte majeure reste toujours la fumée qui risque d'obstruer la vision, c'est pourquoi nous rajoutons la caméra thermique en allié.

Elle pourra détecter les anomalies thermiques bien plus facilement et notamment les flux d'air qui passent sous les portes afin de les identifier.

Nous pouvons aussi programmer notre propre intelligence artificielle pour détecter les portes. Il nous faudra alors faire des tests pour déterminer les meilleures valeurs pour les différents paramètres de notre intelligence artificielle (taille base de données d'apprentissage et d'entraînement, batchsize , epoch, ect)

Enfin, une collaboration avec nos collègues en bâtiment est une option à envisager, en effet le BIM = représentation numérique d'un bâtiment, pourra nous être d'une énorme utilité.

Exemple concret de caméra :

<https://www.gotronic.fr/art-module-camera-thermique-pim387-31582.htm>

<https://www.gotronic.fr/art-camera-thermique-mlx90640-ada4469-31239.htm>

fonctionne entre -40 à 300 °C mais ne sont pas compatibles avec Arduino.

[https://fr.aliexpress.com/item/32978201493.html?spm=a2g0o.productlist.main.5.74b92754plwqOb&algo\\_pvid=83b2f25a-05ac-4ac0-bf35-557ff6c35223&algo\\_exp\\_id=83b2f25a-05ac-4ac0-bf35-557ff6c35223-2&pdp\\_ext\\_f=%7B%22sku\\_id%22%3A%2266756385188%22%7D&pdp\\_npi=2%40dis%21EUR%212.49%211.84%21%21%211.82%21%21%402145274c16650790532945669d07a4%2166756385188%21sea&curPageLogUid=Br5BN8vDi02t](https://fr.aliexpress.com/item/32978201493.html?spm=a2g0o.productlist.main.5.74b92754plwqOb&algo_pvid=83b2f25a-05ac-4ac0-bf35-557ff6c35223&algo_exp_id=83b2f25a-05ac-4ac0-bf35-557ff6c35223-2&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2266756385188%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21EUR%212.49%211.84%21%21%211.82%21%21%402145274c16650790532945669d07a4%2166756385188%21sea&curPageLogUid=Br5BN8vDi02t)

La caméra OV7670 fonctionne entre 0 et 50° et est compatible Arduino. La librairie pour faire fonctionner la caméra est disponible sur le site suivant : <https://www.electronicsforu.com/>

Le module de caméra OV7725 possède un objectif grand angle de 120 degrés, une prise en charge de la numérisation de Code QR/reconnaissance faciale et est compatible avec Arduino (fonctionnement entre -20 et 70°)

## III.2. Détections des murs et obstacles avec leurs distances

Au cours du déplacement de notre robot , il réalisera simultanément un mapping . Pour ce faire, notre robot a besoin de capteur capable de détecter les murs et la distance à laquelle ils se trouvent toujours.

Ces capteurs pourront tout aussi fonctionner lorsque le bâtiment sera rempli de fumée (positionner en bas du robot = loin de la fumée) et sur des distances de 0 à 10 mètres.

Nous avons choisi comme capteur :

- le capteur infrarouge
- le capteur ultrasons

Nous pouvons également utiliser nos caméras thermiques et normales pour nous repérer.

Cette dernière solution nous semble la plus compliquée donc nous tenterons dans un premier temps de passer par les capteurs infrarouges et/ou à ultrasons avec lesquels nous réaliserons plusieurs mesures, à la quête de plus de précision.

### **III.3. Stratégie de déplacement (choix du meilleur chemin dans le bâtiment)**

Pour assurer un déplacement fluide à l'intérieur, notre robot devra explorer le bâtiment en autonomie et aller vers les zones à haute température en priorité.

Pour ce faire, une fois arrivé dans une pièce, le robot réalisera un mapping (tableau de 2 dimensions). Il fera un tour sur lui-même pour récupérer un maximum d'informations concernant les murs de la pièce (possible présence de porte). Ensuite, il tracera des lignes entre les différents points mesurés. Ainsi si l'angle entre le nouveau point et les deux derniers varie énormément, alors il y a de forte chance que l'on vienne de détecter un obstacle entre le robot et le mur.

Une fois ce premier mapping terminé, 3 cas se distinguent :

Un, une zone de chaleur est détectée par la caméra thermique, et on va chercher une porte en partant depuis le point chaud.

Secundo, une porte a été détectée lors du mapping. On va donc l'ouvrir et on continue l'exploration en mémorisant le chemin parcouru pour pouvoir revenir sur nos pas si besoins.

Enfin, on ne détecte aucune porte et aucun point de chaleur, on va donc faire un tour de la pièce. Le robot partira du niveau de la porte par laquelle il est rentré, une fois un tour complet de la pièce réalisé, il sortira et retournera chercher une porte dans la pièce précédente.

Tout au long de l'exploration, le robot enregistrera les différents points, correspondant à des obstacles, dans sa mémoire pour peaufiner la map, il mémorisera aussi les pièces explorées pour ne pas y retourner.

Tout cela en faisant attention au niveau de la batterie, pour pouvoir revenir au point de départ en cas de batterie faible.

# Chapitre IV : Gestion de projet

## IV.1. Gant

ACTIVITÉ	DÉBUT DU PLAN	DURÉE DU PLAN			
Modéliser la carrosserie du robot	1	4	Faire fonctionnner le capteur à ultrasons + faire une classe	30	2
Réaliser la carosserie	5	4			
Faire fonctionnner les moteurs + faire une classe	1	4	réaliser un mapping	32	20
Faire le montage des moteur sur le robot	9	2	détecter une porte	25	30
Faire fonctionnner l'acceleromètre + faire une classe	5	3	Modéliser et imprimer le bras	8	20
Programmer les déplacements du robot	11	8	Ouvrir une porte de temperature + faire une classe	52	10
Faire fonctionnner la camera + faire une classe	19	6		55	4
			Faire fonctionnner le ventilateur + faire une classe	59	3
Faire fonctionnner le capteur infrarouge + faire une classe	28	2	Mettre en place les modes de sécurité	62	4



[illegible]

# Conclusion

Pour conclure, nous avons décidé d'organiser notre projet en 3 sous-projets. Ce choix a été fait suite à une discussion approfondie avec Mr Franquet, qui nous a permis d'avoir un certain recul vis à vis de notre projet, certains paramètres sont en effet assez délicat (la contrainte de chaleur au cœur d'un incendie, les flashover ou backdraft ).

Néanmoins notre projet est aussi une perspective d'ouverture vers d'autres esquisses similaires, le déplacement autonome pourra être utilisé pour guider des pompiers vers les bornes à incendie dès leur arrivée ou encore permettre une reconnaissance d'images transmises par la caméra afin de détecter des personnes dans le besoin (mobilité réduite) lors de l'évacuation d'un bâtiment.

Récapitulons à présent, les divers points abordés.

Tout d'abord, notre robot devra détecter et ouvrir des portes pour explorer un bâtiment. Cela comprend toute les étapes suivantes : la modélisation du bras robotique et du châssis, la réalisation de déplacement simple, la stratégie de déplacement dans un bâtiment (avec le BIM ou non ), le mapping des pièces explorées, la détection des portes à l'aide d'une caméra et d'une IA, la détection d'une poignée de porte, l'ouverture de la porte à l'aide du bras robotique.

Dans un second temps, nous prendrons en compte la contrainte de chaleur. C'est-à-dire qu'il faudra mettre en place la ventilation, l'isolation des composants électroniques, le système d'urgence en cas de température trop élevée...

Enfin, nous étudierons les exigences liées directement à l'incendie, la fumée qui obstrue la vision de notre robot ou encore détecter le point d'auto inflammation d'une pièce...

Liste des composants nécessaires :

- **Moteur**

**Des servomoteurs pour les 3 premières articulations du bras qui ne nécessitent qu'un angle de rotation, puis un brushless pour la pince qui exigent une précision dans le mouvement.**

**Quant aux chenilles, un simple moteur d'entraînement est suffisant .**

servo moteur (bras) : [DFRobot 9g 300° Clutch Servo - RobotShop](#)

moteur brushless (pince) : [24mm Brushless DC gear motor - 12V 20RPM - RobotShop](#)

moteur DC ( chenille) :

[25mm Diameter 12V 170RPM 0.8KG.CM Brushed DC Gear Motor - RobotShop](#)

- **Batterie : La Li-ion ne possède pas d'effet mémoire certe mais la NiMH apporte un degré de sécurité plus important que la lithium**

[https://fr.aliexpress.com/item/4000513353521.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.40895e60Qzv0oi&algo\\_pvid=29c4bc3d-e107-4069-8b99-0540b6594aff&algo\\_exp\\_id=29c4bc3d-e107-4069-8b99-0540b6594aff-2&pdp\\_ext\\_f=%7B%22sku\\_id%22%3A%2210000002521911563%22%7D&pdp\\_npi=2%40dis%21EUR%21203.18%2191.43%21%21%21%21%402100bdf016651272621503515e9c27%2110000002521911563%21sea&curPageLgogUId=ftJMj8dX2HYb](https://fr.aliexpress.com/item/4000513353521.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.40895e60Qzv0oi&algo_pvid=29c4bc3d-e107-4069-8b99-0540b6594aff&algo_exp_id=29c4bc3d-e107-4069-8b99-0540b6594aff-2&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2210000002521911563%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21EUR%21203.18%2191.43%21%21%21%21%402100bdf016651272621503515e9c27%2110000002521911563%21sea&curPageLgogUId=ftJMj8dX2HYb)

- **Chenille pour avoir une plus grande, stable surface de contacte**

<https://www.cdiseout.com/auto/pneus/paire-de-chenille-en-caoutchouc-66cm-pour-montage/f-13364-auc0791383375327.html#mpos=0mp>

- **Matériaux choisis pour leur rapport poids/prix/point de fusion**

Aluminium pour le châssis/bras (matériaux disponible au fablab)

Fil d'impressions 3d (matériaux disponible au fablab)

- **Carte arduino méga et Nvidia**

Carte arduino méga, vu le nombre de moteurs à utiliser, les broches de l'arduino uno risquent d'être insuffisantes.

<https://www.gotronic.fr/art-carte-arduino-mega-2560-12421.htm>

- **Caméra**

Module de caméra OV7670, dans un premier temps, nous étudierons les limites d'une caméra normale et déciderons par la suite, si nous avons réellement besoin d'une caméra thermique.

[https://fr.aliexpress.com/item/32978201493.html?spm=a2g0o.productlist.main.5.74b92754plwqOb&algo\\_pvid=83b2f25a-05ac-4ac0-bf35-557ff6c35223&algo\\_exp\\_id=83b2f25a-05ac-4ac0-bf35-557ff6c35223-2&pdp\\_ext\\_f=%7B%22sku\\_id%22%3A%2266756385188%22%7D&pdp\\_npi=2%40dis%21EUR%212.49%211.84%21%21%211.82%21%21%402145274c16650790532945669d07a4%2166756385188%21sea&curPageLogUid=Br5BN8vDi02t](https://fr.aliexpress.com/item/32978201493.html?spm=a2g0o.productlist.main.5.74b92754plwqOb&algo_pvid=83b2f25a-05ac-4ac0-bf35-557ff6c35223&algo_exp_id=83b2f25a-05ac-4ac0-bf35-557ff6c35223-2&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2266756385188%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21EUR%212.49%211.84%21%21%211.82%21%21%402145274c16650790532945669d07a4%2166756385188%21sea&curPageLogUid=Br5BN8vDi02t)

Librairie disponible sur le site : <https://www.electronicsfreaks.com/>

- **Accéléromètre/gyroscope**

Pour réguler et orienter le mouvement tout en maîtrisant la vitesse, les librairies disponibles constituent un réel avantage.

Module MPU-6050

[https://www.amazon.fr/WayinTop-MPU-6050-Gyroscope-Acc%C3%A9l%C3%A9rom%C3%A8tre-Arduino/dp/B07P5YXBXV/ref=sr\\_1\\_5?keywords=MPU-6050&qid=1665079812&qu=eyJxc2MiOiIyLjk3IiwicXNhIjojMi43NyIsInFzcCI6IjluNDYifQ%3D%3D&sr=8-5](https://www.amazon.fr/WayinTop-MPU-6050-Gyroscope-Acc%C3%A9l%C3%A9rom%C3%A8tre-Arduino/dp/B07P5YXBXV/ref=sr_1_5?keywords=MPU-6050&qid=1665079812&qu=eyJxc2MiOiIyLjk3IiwicXNhIjojMi43NyIsInFzcCI6IjluNDYifQ%3D%3D&sr=8-5) ( 3 accéléromètre car rupture de stock sur les lots de 1 )

Librairie : <https://github.com/jrowberg/i2cdevlib/tree/master/Arduino/MPU6050>

<https://www.robotshop.com/en/dfrobot-bmx160-9-axis-sensor-module-v10.html> à 231

- **capteur infrarouge** abordable avec un bon fonctionnement à moyenne et courte distance.

[https://fr.aliexpress.com/item/1005001905897585.html?spm=a2g0o.productlist.main.7.49d22e49RwMqwe&algo\\_pvid=876738e1-05b6-48c7-8da4-c6a241ef576f&algo\\_exp\\_id=876738e1-05b6-48c7-8da4-c6a241ef576f-3&pdp\\_ext\\_f=%7B%22sku\\_id%22%3A%2212000026764285962%22%7D&pdp\\_npi=2%40dis%21EUR%215.84%214.32%21%21%211.67%21%21%402100b20d16650800624423327d07ce%2112000026764285962%21sea&curPageLogUid=WdTKhB6EMD57](https://fr.aliexpress.com/item/1005001905897585.html?spm=a2g0o.productlist.main.7.49d22e49RwMqwe&algo_pvid=876738e1-05b6-48c7-8da4-c6a241ef576f&algo_exp_id=876738e1-05b6-48c7-8da4-c6a241ef576f-3&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2212000026764285962%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21EUR%215.84%214.32%21%21%211.67%21%21%402100b20d16650800624423327d07ce%2112000026764285962%21sea&curPageLogUid=WdTKhB6EMD57)

- **Capteur ultrasons** bon fonctionnement à moyenne et longue distance, qui vient compléter la manœuvre du capteur infrarouge.

[https://www.amazon.fr/HY-SRF05-ultrasonique-distance-Module-capteur-arduino/dp/B01CBGH3VE/ref=sr\\_1\\_39?keywords=capteur+ultrason+arduino&qid=1665080189&qu=eyJxc2MiOiIzLjk3IiwicXNhIjojMy4zMSIsInFzcCI6IjluNTQifQ%3D%3D&sr=8-39](https://www.amazon.fr/HY-SRF05-ultrasonique-distance-Module-capteur-arduino/dp/B01CBGH3VE/ref=sr_1_39?keywords=capteur+ultrason+arduino&qid=1665080189&qu=eyJxc2MiOiIzLjk3IiwicXNhIjojMy4zMSIsInFzcCI6IjluNTQifQ%3D%3D&sr=8-39)

- **Ventilateur/dissipateur** compatible avec arduino et les dissipateurs les plus légers retrouvés.

<https://www.robotshop.com/eu/fr/dissipateur-thermique-en-aluminium-avec-ventilateur-pour-module-jetson-tx2-nx.html>

<https://www.robotshop.com/eu/fr/ventilateur-33mm-12v-16cfm.html>

- **Le capteur de température LM35** est facilement programmable.

On estime le prix de notre robot à 231 euros ( sans aluminium et Nvidia ).

# Bibliographie

Documentations :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Explosion\\_de\\_poussi%C3%A8res](https://fr.wikipedia.org/wiki/Explosion_de_poussi%C3%A8res)

<https://www.electfreaks.com/>

<https://openclassrooms.com/fr/courses/4076871-sinitier-a-la-robotique>

<https://www.inrs.fr/risques/incendie-lieu-travail/evacuation-intervention-consignes-securite.html>

[https://www.tubefr.com/guide-complet-de-moteur-pour-la-robotique\\_9.html#title](https://www.tubefr.com/guide-complet-de-moteur-pour-la-robotique_9.html#title)

<https://www.robotshop.com/community/blog/show/dimensionnement-dun-moteur-dentrainement>

<https://www.turbosquid.com/fr/3d-models/abb-irb-460-industrial-robot-3d-max/942234>

<https://forums.futura-sciences.com/electronique/791013-types-de-moteurs-de-robotique-amateur.html>

Interview avec “Erwin FRANQUET” professeur à Polytech.