

TP 1 – UTILISER DIFFERENTS ALGORITHMES D'IA

OBJECTIF

L'objectif de ce TP consiste à découvrir différents algorithmes d'intelligence artificielle dont :

- Un LLM (Large Language Model) tel que ChatGPT pour générer du texte ou du code
- Excel pour résoudre des problèmes de régression, générer des graphiques et des rapports
- D'autres algorithmes pour générer des pages web, des images, du son, ...

Différents cas d'utilisation seront successivement abordés pour découvrir les possibilités offertes par les IA dans le milieu des métiers scientifiques. Vous explorerez également comment rédiger des prompts de manière pertinente (prompt engineering).

PRESENTATION DU MATERIEL

WIO TERMINAL :

Nous allons utiliser des cartes électroniques [Seeed Wio Terminal](#). Ces cartes comprennent principalement :

- Un microcontrôleur, interfacé avec un port carte microSD
- Une IHM composée d'un écran de 2,4 pouces + un joystick + 2 boutons
- Une connectivité Wifi + Bluetooth
- Des capteurs intégrés : microphone, accéléromètre, capteur de luminosité
- Des connecteurs permettant le branchement de périphériques externes

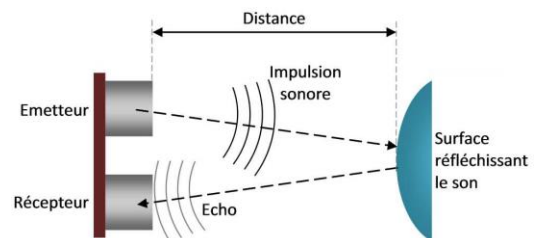


Ces cartes électroniques peuvent être programmées de différentes manières (langages Arduino, micro-Python...).

Vous ne maîtrisez peut-être pas les langages de programmation. Ce n'est pas grave, nous allons justement utiliser les possibilités des IA pour nous aider à programmer.

CAPTEUR A ULTRASONS :

Un capteur à ultrasons permet une mesure de distance. Il utilise pour cela la réflexion des ultrasons sur une surface. En mesurant la durée de propagation du son (aller-retour) et en connaissant sa vitesse dans l'air, on peut déterminer la distance parcourue.



Nous allons utiliser un capteur à ultrasons de marque Seeed "Grove ultrasonic distance sensor" pour effectuer des mesures de distance à partir du Wio terminal.

PROMPT ENGINEERING – CONSEILS

Dans ce TP, vous serez amenés à utiliser des LLM (Large Language Models) tel que ChatGPT, Llama ou autre pour avancer dans le TP. Vous allez donc communiquer des consignes textuelles au modèle d'intelligence artificielle, ce qu'on appelle le prompting.

La pertinence des réponses données par l'intelligence artificielle dépend beaucoup de la manière d'écrire le prompt. On entre ici dans une discipline appelée "prompt engineering". Le schéma de l'Annexe 2 présente les étapes principales de la démarche qui mène à la formulation de prompts pertinents.

Remarque : les IA et le RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données)

La plupart des LLM ne sont actuellement pas conformes au sens strict avec le RGPD (recueil d'informations personnelles limité, information de l'utilisateur sur l'utilisation des données inexistante...). La CNIL a publié en octobre 2023 des lignes directrices pour utiliser les IA d'une manière respectueuse du RGPD. Elle "[confirme la compatibilité des recherches et développements en IA avec le RGPD, à condition de ne pas franchir certaines lignes rouges et de respecter certaines conditions](#)".

Le parlement européen est également en train de définir [un règlement européen sur l'IA](#). Le texte est paru au Journal officiel de l'Union européenne du 12 juillet 2024.

Nous allons utiliser un LLM dans ce TP. Vous pouvez vous référer aux lignes directrices de la CNIL pour en faire un usage en accord avec le RGPD.

De manière générale dans ce TP, on pourra utiliser un LLM via :

- Le site sur lequel l'éditeur le met à disposition (création de compte nécessaire) : <https://chatgpt.com/>
- La plateforme Vittascience – création de compte non indispensable : <https://fr.vittascience.com/ia/>

CAS 1 : GENERER DU CODE POUR PROGRAMMER UNE CARTE ELECTRONIQUE

Vous ne maîtrisez probablement pas le langage de programmation, et c'est là l'intérêt de cette partie. Nous allons voir comment mettre à profit un LLM pour générer un programme pour un microcontrôleur.

- Mettre en œuvre la démarche présentée dans l'Annexe 1 : Configuration de Arduino IDE pour programmer un Wio Terminal.

1.1 AFFICHER UN MESSAGE SUR L'ECRAN DU WIO TERMINAL

- Vous connecter à ChatGPT (ou à un autre LLM accessible en ligne), démarrer un prompt vierge. Expliquer à l'algorithmique que vous voulez programmer un Wio terminal à partir du logiciel Arduino IDE.
- Servez-vous de l'IA pour afficher un message et / ou une image sur l'écran du Wio terminal. On pourra également jouer sur la taille et les couleurs d'affichage.
- Copier le code obtenu, le coller dans Arduino IDE dans un programme vide, puis l'envoyer au Wio terminal. Obtenez-vous bien le résultat attendu ? Ajustez votre demande si nécessaire.



1.2 CONNECTER UN CAPTEUR ET AFFICHER LA MESURE SUR L'ECRAN

- Connecter un capteur à ultrasons au Wio terminal comme indiqué en Annexe 1.
- Utiliser un LLM pour afficher sur l'écran du Wio terminal une mesure de distances en mètres, effectuée par le capteur.

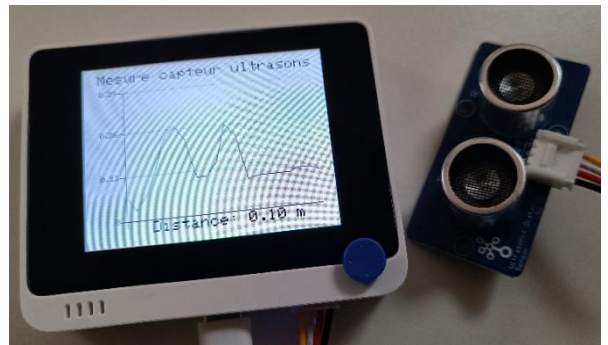
Remarque : Il peut être utile d'indiquer à l'IA quel type de capteur vous utilisez (noms des pins du capteur) et de lui indiquer quelques éléments sur la bibliothèque à utiliser (voir au bas de l'Annexe 1). Ceci est dû au fait qu'il existe un grand nombre de connectiques de capteurs à ultrasons, et de bibliothèques différentes.



1.3 AFFICHER LES MESURES AU COURS DU TEMPS SUR UN GRAPHIQUE

On souhaite maintenant afficher un graphique montrant les évolutions de la distance mesurée au cours du temps. Pour cela, on pourra utiliser la [bibliothèque proposée par Seeed](#).

- Installer la bibliothèque dans Arduino IDE en suivant les instructions données au lien ci-dessus.
- Utiliser un LLM pour afficher sur l'écran un graphique montrant l'évolution au cours du temps des mesures prises par le capteur à ultrasons. Il pourra être utile, dans ce cas, de donner au LLM un exemple de code tiré du lien ci-dessus et de lui demander de l'adapter à notre utilisation.



Remarque : Les possibilités sont vastes. On pourrait par exemple prolonger cette partie en connectant le Wio Terminal à un réseau Wifi et en demandant à une IA de générer un code pour envoyer les données vers un cloud... On pourrait également interfacer d'autres capteurs, créer des IHM utilisant les boutons du terminal...

Q1. *Que retenir de la manière de communiquer des prompts à l'algorithmes d'IA introduite dans cette partie du TP ? Avez-vous rencontré des points bloquants ? A quoi sont-ils dus ?*

CAS 2 : RESOUDRE UN PROBLEME DE REGRESSION AVEC EXCEL

Nous allons dans cette partie utiliser Excel pour résoudre un problème de régression.

Plaçons-nous pour cela dans le cas de la caractérisation du capteur à ultrasons précédent. On rappelle que "caractériser un capteur" revient à comparer la mesure renvoyée par le capteur à une mesure de référence prise par un autre moyen. La mesure de référence doit être fiable = avoir une faible incertitude par rapport à celle du capteur à caractériser.

2.1 ACQUERIR DES MESURES POUR LA CARACTERISATION DU CAPTEUR.

Moyen de mesure de référence : mètre ruban

Capteur à caractériser : Capteur à ultrasons Seeed "Grove ultrasonic sensor"



- Elaborer un protocole expérimental permettant de caractériser le capteur à ultrasons utilisé dans la partie 1 (on pourra utiliser le Wio terminal et le code écrit dans la partie 1.2 pour relever les mesures). Pour cela, il faudra effectuer entre 15 et 20 mesures avec le capteur, et les comparer à une mesure de référence.
- Effectuer les mesures et les compiler dans le fichier "Caractérisation capteur ultrasons.xlsx" proposé dans le répertoire du TP. La caractéristique expérimentale du capteur s'affiche sur la courbe au bas du document.

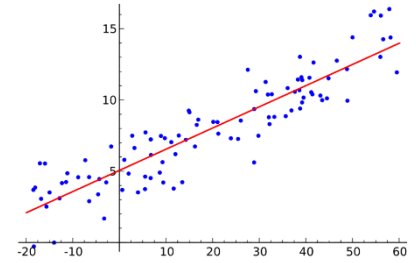
2.2 EFFECTUER UNE REGRESSION LINEAIRE AVEC UNE FONCTION INTEGREE A EXCEL

Les algorithmes de régression font partie des algorithmes d'intelligence artificielle (voir cours). Nous résolvons dans cette partie un cas de régression classique et simple : la régression linéaire. Utilisons tout d'abord un algorithme de régression intégré au tableur.

- Effectuer un clic droit sur les points mesurés du graphique obtenu en 2.1 puis ajouter une courbe de tendance. Sélectionner un modèle linéaire, et demander d'afficher sur le graphique l'équation et le coefficient R^2 associés au modèle linéaire.
- Observer le résultat obtenu sur la courbe, les valeurs des coefficients. Conclure quant au comportement du capteur à ultrasons (satisfaisant ou non, limites, incertitude).

2.3 PROGRAMMER UNE REGRESSION LINEAIRE AVEC EXCEL

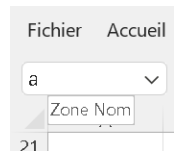
Excel effectue très bien la régression de la partie 2.2. On peut néanmoins être limité par les possibilités du logiciel si l'on veut étudier un modèle plus complexe. On propose ici de refaire la régression linéaire de la partie 2.2 en la programmant soit même et en utilisant le Solveur présent dans le tableur.



On utilise ici un modèle du type $y = ax + b$ avec :

- a le coefficient directeur de la courbe (sans unité ici puisque dans le cas de la caractérisation de capteur, les unités de l'abscisse et de l'ordonnée sont identiques)
- b l'ordonnée à l'origine (unités de la mesure du capteur – ici des mètres)
- Créer deux cellules correspondant aux valeurs a et b . Leur entrer des valeurs arbitraires (1 et 0 respectivement par exemple).

Remarque : On pourra nommer les cellules pour faciliter leur utilisation ultérieure. Par exemple pour nommer la cellule a , sélectionner la cellule et lui donner le nom "a" dans la zone nom en haut à gauche. On pourra ensuite appeler la cellule par son nom, par exemple en écrivant $= 2*a$.



- Créer une colonne F dans le tableau : y calculer les Ecarts au carré, définis tels que $R_i^2 = (f(x_i) - y_i)^2 = ((ax_i + b) - y_i)^2$.
- Créer au bas de cette colonne F une cellule correspondant à la somme des R_i^2 : $L(a, b) = \sum_i (f(x_i) - y_i)^2$

On va maintenant chercher les paramètres $\{a, b\}$ optimaux en minimisant la fonction coût $L(a, b)$. Pour cela, nous allons utiliser le solveur inclus dans Excel.

Charger le complément solveur dans Excel : Cliquer sur Fichier / Options et aller dans l'onglet Compléments. Chercher le complément solveur et l'activer en cochant la case associée. Si la case d'activation n'est pas visible, cliquer sur « Atteindre » en ayant sélectionné le Solveur puis cocher la case.

- Dans le ruban cliquer sur Données, puis Solveur. 
- Dans Objectif à définir, indiquer qu'on veut minimiser la cellule correspondant à la fonction coût $L(a, b)$ (dernière cellule de la colonne F). Dans Cellule variable, indiquer que le solveur peut ajuster les paramètres $\{a, b\}$ (cliquer sur les cellules associées en maintenant la touche Ctrl). Noter qu'on peut ajouter des contraintes supplémentaires. On n'en ajoutera pas ici. Décocher « Rendre les variables sans contraintes non négatives » car rien n'impose leur signe dans ce problème.
- Sélectionner un algorithme de résolution et cliquer sur Résoudre pour lancer l'algorithme.

Algorithmes de résolution dans Excel : Les algorithmes proposés sont destinés à différents types de problèmes

- **GRG non linéaire** Destiné aux problèmes non linéaires simples.
- **Simplex PL** Destiné aux problèmes linéaires.
- **Evolutionary** Destiné aux problèmes complexes.

Ces algorithmes ne correspondent pas tout à fait à l'algorithme de descente de gradient présenté dans le cours, mais permettent de résoudre des problèmes similaires dans des cas relativement simples (peu de paramètres variables, pas de minimums locaux).

- Observer le résultat obtenu : Comparer les paramètres a, b, R^2 à ceux obtenus dans la partie 2.2.

Q2. Commenter les deux démarches de régression mises en œuvre dans cette partie du TP. Observez-vous des différences entre les résultats obtenus ? Quelles autres possibilités offre la seconde méthode de régression utilisée ?

Remarque sur le coefficient de détermination R^2 indiqué sur la courbe de tendance Excel :

Le coefficient de détermination R^2 indiqué à côté de la courbe de tendance générée par le logiciel ne correspond pas tout à fait à la $\sum R_i^2$ comme calculé dans notre régression. Pour faciliter son interprétation, le coefficient a été normalisé de manière que :

- un coefficient proche de 1 signifie une bonne corrélation modèle / expérience.
- un coefficient proche de 0 correspond à une mauvaise corrélation mod. / exp.

Expression du R^2 de Excel :
$$R^2 = 1 - \frac{\sum (f(x_i) - y_i)^2}{\sum (y_i - \langle y_i \rangle)^2}$$

$f(x_i)$ la valeur calculée par le modèle pour un x_i donné

y_i la valeur (expérimentale dans notre cas) de l'ordonnée associée à x_i

$\langle y_i \rangle$ la moyenne de toutes les valeurs y_i

CAS 3 : GENERER DES MACROS EXCEL VIA DU CODE VBA

On propose ici d'automatiser certaines tâches dans Excel grâce à des macros. Ces macros, correspondant à des programmes écrits en langage VBA (Visual Basic for Applications), peuvent être enregistrées avec l'enregistreur de macros mais ceci se limite à des tâches simples.

Nous allons ici demander à un LLM de nous générer une macro en langage VBA.



3.1 AUTOMATISER LA GENERATION D'UN RAPPORT

Objectif : Générer un rapport au format pdf, obtenu à partir d'une certaine plage de données du tableur élaboré précédemment. La macro pourra dialoguer avec l'utilisateur (imaginer des contraintes que vous pourrez ajouter dans le prompt). On intégrera ensuite un bouton dans Excel, de manière à pouvoir exécuter directement la tâche.

- Utiliser un LLM pour générer une macro permettant d'atteindre l'objectif ci-dessus. Vous utiliserez également le LLM pour savoir comment implémenter la macro dans Excel.
- Ajouter un bouton "Générer rapport pdf" dans le fichier Excel, sur lequel il sera possible de cliquer pour exécuter la macro.
- Tester le bon fonctionnement. Modifier le code en vous aidant du LLM si nécessaire (Alt + F11).

3.2 ARCHIVER AUTOMATIQUEMENT UN RAPPORT

Objectif : Archiver automatiquement le rapport d'essai précédent au format pdf dans le dossier "Rapports_essai" sur le bureau de l'ordinateur. Si le dossier n'est pas créé, le créer. Formater le nom du fichier comme suit : "date – personne en charge de l'essai – Marque – Référence capteur".

- Utiliser un LLM pour générer une macro permettant d'atteindre l'objectif ci-dessus.
- Ajouter un bouton "Archiver" dans le fichier Excel, sur lequel il sera possible de cliquer pour exécuter la macro.
- Tester le bon fonctionnement. Modifier le code en vous aidant du LLM si nécessaire (Alt + F11).

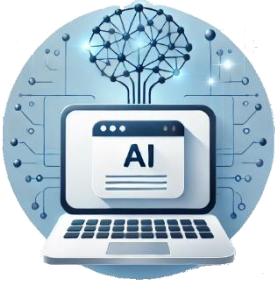
Q3. Avez-vous noté des points particuliers dans la manière de communiquer des prompts à l'algorithme d'IA dans cette partie. Imaginez un cas d'utilisation de macros similaires dans une entreprise (les possibilités sont bien plus vastes que celles abordées dans ce TP : envoi de courriels, manipulation d'images, interactions avec Word ou d'autres logiciels...).

CAS 4 : POUR ALLER PLUS LOIN – GENERER UNE PAGE WEB

Dans cette partie optionnelle, on propose d'explorer les autres possibilités des IA génératives.

Objectif : Créer les fichiers html et css pour présenter sur une page web la démarche de caractérisation du capteur.

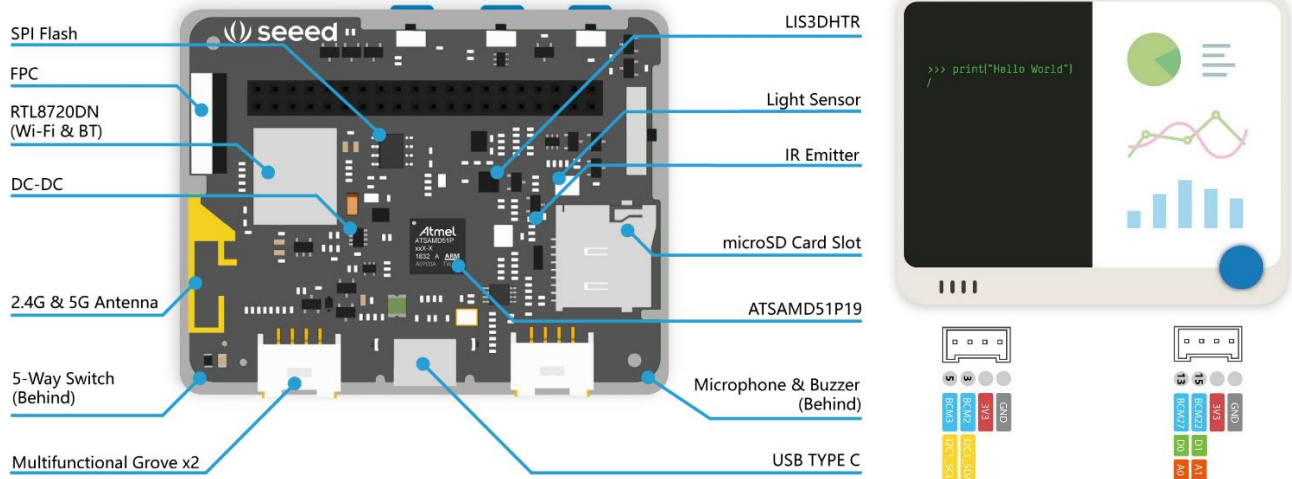
On pourra également :



- Imposer des contraintes visuelles sur l'apparence de la page web à créer.
- Inclure les données issues du rapport d'essai (description, tableau, courbe) à la page web.
- Utiliser une IA pour générer une illustration de présentation de votre entreprise, incluant le logo et une représentation d'un atelier de fabrication / laboratoire d'essai capteur.
- Utiliser une IA ([Suno](#) ...) pour générer une bande son d'illustration et l'inclure via un lecteur de musique dans la page web.
- Tester d'autres possibilités que vous aurez imaginé.

ANNEXE 1 : INSTALLATION ET BRANCHEMENTS D'UN WIO TERMINAL + CAPTEUR

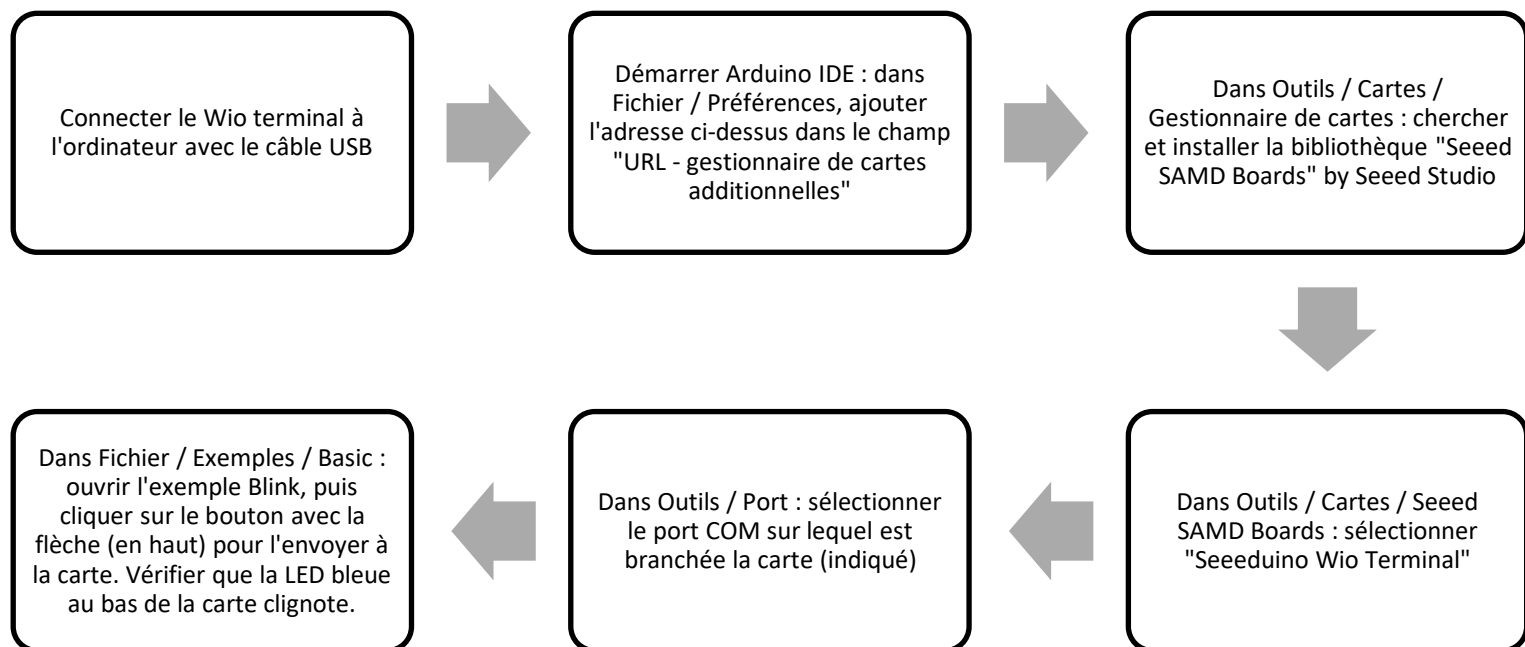
La procédure d'installation et de démarrage avec un Wio Terminal est [disponible en ligne](#).



CONFIGURATION DE ARDUINO IDE POUR PROGRAMMER UN WIO TERMINAL

URL Gestionnaire de cartes additionnelles (voir ci-dessous) :

https://files.seeedstudio.com/arduino/package_seeeduino_boards_index.json



CONNEXION D'UN CAPTEUR A ULTRASONS GROVE AU WIO TERMINAL

Un capteur à ultrasons avec connectique type Grove se connecte au connecteur situé en bas à droite du Wio terminal en regardant le côté écran. Le connecteur de gauche servira à connecter des capteurs communiquant via un bus I²C.

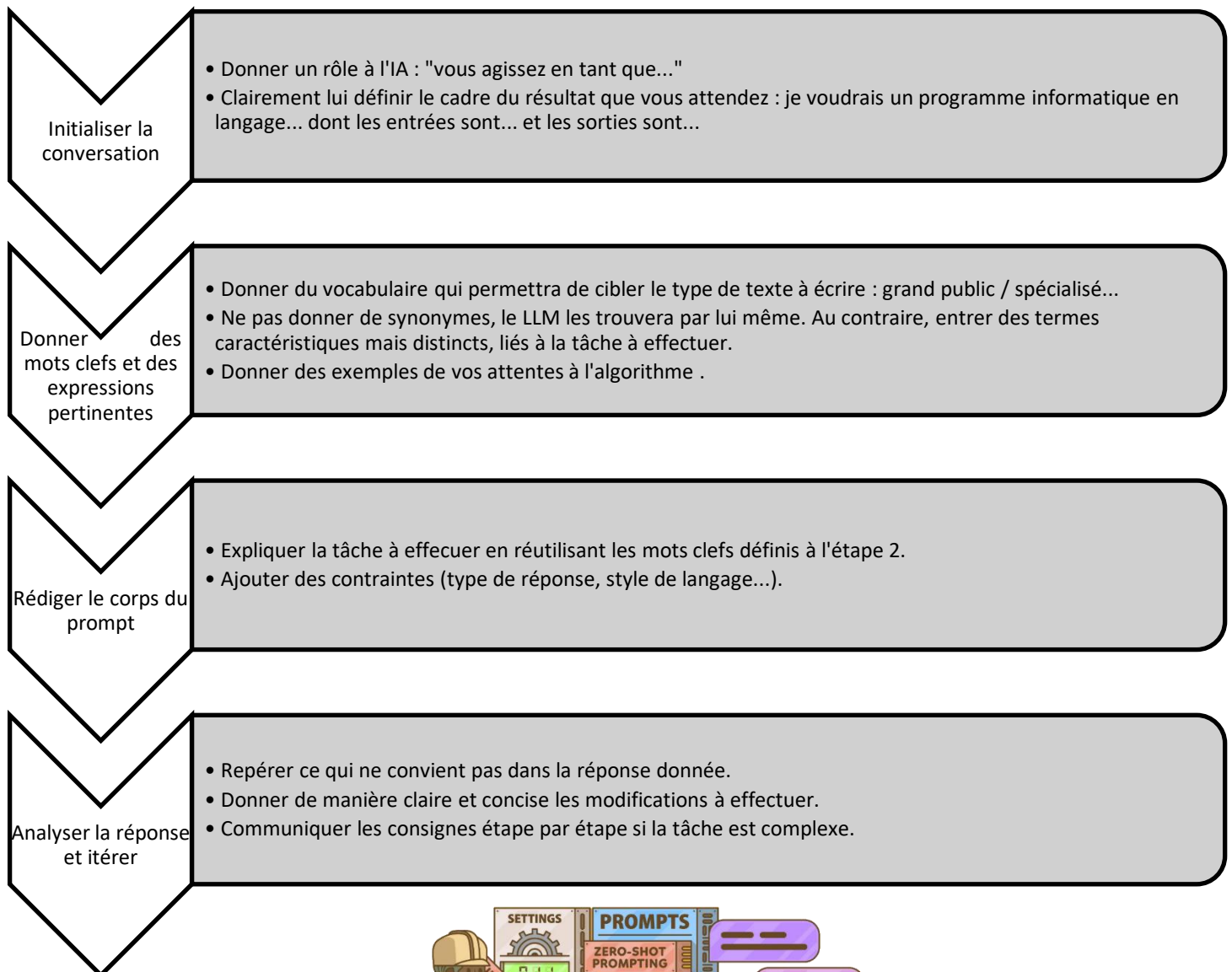
Installation d'une (d'autres peuvent fonctionner) bibliothèque pour la communication avec le capteur :

Dans Arduino IDE, aller dans Croquis / Inclure une bibliothèque / Gérer les bibliothèques : rechercher par exemple "Grove ultrasonic ranger" by Seeed et installer la bibliothèque. Cette librairie sera appelée dans le code par "#include <Ultrasonic.h>" et les mesures appelées par la ligne "ultrasonic.MeasureInCentimeters()".

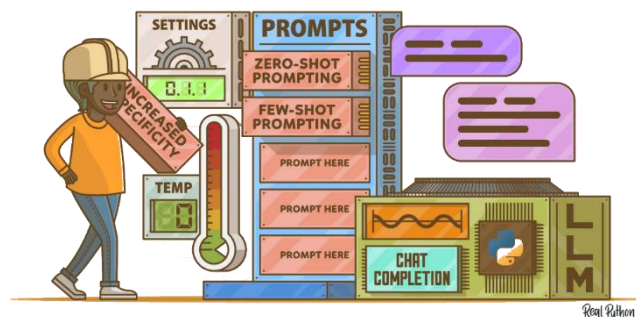


ANNEXE 2 : CONSEILS DE PROMPT ENGINEERING

Le prompt s'articule comme une conversation avec l'intelligence artificielle. Voici les principales étapes qui mènent rapidement à des résultats pertinents.



Remarques :



- Le LLM peut renvoyer une réponse très verbeuse (réponse longue avec beaucoup d'adjectifs) : Ne pas hésiter à lui demander de simplifier le texte ou de donner une réponse sous forme d'items (tirets).
- Attention aux références bibliographiques : les LLM peuvent agréger des sources bibliographiques pour en créer qui n'existent pas réellement : par exemple, le LLM peut citer une référence de Jack Smith car il a trouvé dans la littérature un article de Jack Johnson et de Taylor Smith sur des sujets similaires.
- Toujours relire ET VERIFIER les réponses renvoyées qui ne sont pas nécessairement correctes.
- A l'heure actuelle, les résultats obtenus avec des prompts en anglais sont plus pertinents que ceux obtenus en français.