

Mobilité et Multimodalité

Durée : 1 heure. **Documents autorisés :** Support de cours et notes de cours autorisés. Le barème mentionné est indicatif.

QUESTION 1 ESCAPE GAME ASYMETRIQUE (8 POINTS, environ 24 minutes)

Les étudiant·e·s du groupe 5 ont une idée pour leur projet d'IHM : un nouveau type d'escape game basé sur un gameplay asymétrique.

Prenons 2 amis : Assan et Béatrice. Assan est dans une pièce isolée. Il doit rassembler les bons objets physiques et virtuels pour trouver la sortie. Béatrice est dans une pièce adjacente et lui donne des indications à l'oral.

Chacun a un rôle distinct :

- Assan est le Prisonnier. Il dispose d'un gant à retour haptique¹ pour déplacer les éléments virtuels que Béatrice lui indique. Dans la pièce où il est, il voit également divers autres objets réels.
- Béatrice est la Guide Virtuelle. Elle a un smartphone doté d'une application de Réalité Augmentée (RA). Avec cette application, elle peut voir les objets virtuels à travers le mur et peut ainsi guider Assan vers les objets virtuels.

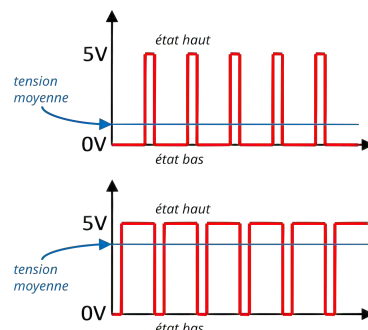


A - Assan : Réalisation du gant à retour haptique

Le groupe 5 a décidé d'utiliser une Arduino UNO pour créer leur prototype de gant à retour haptique. Afin de ne pas avoir un gant hors de prix, ils se focalisent sur l'utilisation de vibreurs. Leur idée est d'augmenter l'intensité des vibrations en fonction de la masse de l'objet. Plus un objet virtuel est lourd, plus les vibrations associées à son contact seront fortes. Pour de bonnes sensations, ils veulent des vibreurs sur le bout de chaque doigt ainsi qu'un sur la paume de la main.

a - (1 point)

Un pin classique peut prendre deux états : actif (HIGH - 5V) et inactif (LOW - 0V). Un pin avec la fonction PWM (Pulse-Width Modulator) peut fournir une tension intermédiaire à ces deux valeurs limites. Le principe est d'utiliser une onde carrée qui passe de 0V à 5V puis de nouveau à 0V très rapidement. La tension moyenne est alors une valeur intermédiaire qui dépend du temps passé dans l'état HIGH. Un rapport cyclique de $\frac{4}{5}$ sur l'intervalle de valeur du pin (entre 0 et 255) définit ainsi un signal qui passe $\frac{4}{5}$ du temps dans l'état HIGH et $\frac{1}{5}$ dans l'état LOW. La tension moyenne est alors de $\frac{4}{5}$ de 5V soit 4V (voir Figure à droite).



Expliquez l'intérêt de cette idée dans le cadre du projet. Donnez au moins un argument économique et un argument pratique.

b - (4 points) Chaque vibreur devant être géré de façon indépendante, le groupe 5 pense à utiliser des modules MPU-6050 (accéléromètre et gyroscope) et des transistors. Chaque module est associé à un pin de A0 à A5. Chaque transistor est associé à un pin de 8 à 13.

Les modules MPU-6050 permettent de détecter la position de chaque vibreur dans l'espace virtuel grâce à la fonction `analogDetect(pin)` que le groupe 5 a implémentée. Cette fonction retourne soit 0 (pas de contact avec un objet virtuel), soit un entier entre 4 et 10 (contact avec un objet virtuel). Divisée par deux, cette valeur de retour correspond à la tension moyenne qui doit être donnée aux vibreurs (entre 2V et 5V).

Chaque vibreur est associé à un transistor. Ces transistors sont activés par la fonction `digitalWrite(pin, value)`. Le paramètre `value` accepte une variable correspondant à l'état d'activation : LOW (inactif) ou HIGH (actif).

Utiliser la fonction PWM se fait par le biais de la commande `analogWrite(pin, value)`. Le paramètre `value` accepte un entier correspondant au rapport cyclique : entre 0 (toujours LOW) et 255 (toujours HIGH).

¹ Image de gant tirée du projet Virtual-Feelality <https://github.com/TylerWargo/Virtual-Feelality>

Complétez le code suivant à l'aide des fonctions `analogDetect`, `digitalWrite` et `analogWrite`.

```
int pinMPU1 = A0;      // MPU-6050 connected to analog pin A0
int pinMPU2 = A1;      // MPU-6050 connected to analog pin A1
...
int valMPU1 = 0;       // variable to store the value read by MPU1
int valMPU2 = 0;       // variable to store the value read by MPU2
...
int detectedWeight = 0; // variable to store the detected weight

int pinTransistor1 = 8; // transistor connected to digital pin 8
int pinTransistor2 = 9; // transistor connected to digital pin 9
...
int pinPWM = 6;         // vibrators connected (by transistors) to analog pin 6

void setup() {
  pinMode(pinMPU1, INPUT); // sets the pin as input
  ...
  Complete bloc 1
  ...
}

void loop() {
  detectedWeight = 0;

  // read the MPU values
  ...
  Complete bloc 2
  ...

  // activate the corresponding transistors
  if (valMPU1!=0) {
    ...
    Complete bloc 3
    ...
  } else {
    ...
    Complete bloc 4
    ...
  }

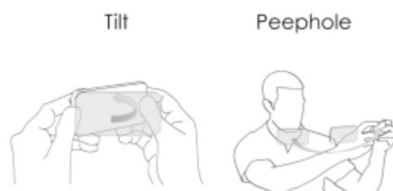
  ...
  Complete bloc 5
  ...

  // select the appropriate PWM duty cycle
  ...
  Complete bloc 6
  ...
}
```

B - Béatrice : navigation en RA avec le smartphone

Le groupe 5 n'arrive pas à se mettre d'accord sur la façon dont l'application de RA doit être conçue. L'idée est qu'elle soit utilisée comme un "calque" virtuel (similaire à Pokémon GO², voir figure à droite).

Une partie des étudiant·e·s veut utiliser la modalité peephole. Le smartphone est alors déplacé dans l'espace physique. Une autre partie veut utiliser la modalité tilt. Le smartphone est légèrement incliné sur le côté pour déplacer la vue sans déplacement du smartphone lui-même dans l'espace (voir Figure ci-dessous).



a- (2 points) Discutez des avantages et des inconvénients de chaque modalité³. Puis, en quelques lignes, donnez votre modalité préférée et expliquez la raison de cette préférence. Si vous avez une autre idée, vous pouvez la présenter de façon concise.

b- (1 point) Le groupe 5 décide d'instancier chaque énigme différente par un QR code. Celui-ci est affiché sur un écran dans la pièce de Béatrice. Les objets virtuels sont alors chargés selon le modèle hébergé sur un serveur. Le smartphone et le gant à retour haptique sont tous deux reliés à ce serveur. Pourquoi cette technique demande que le QR code soit scanné depuis un endroit très précis de la pièce ?

Illustrez par un diagramme l'architecture réseau du projet final en incluant les informations échangées entre chaque acteur.

QUESTION 2 RELATIONS ENTRE MODALITES (8 POINTS, environ 24 minutes)

a- (4 points) Un espace de classification vu en cours identifie quatre types de multimodalité : (Exclusif / Alterné / Concurrent / Synergique). De plus les propriétés CARE définissent des relations entre modalités d'interaction. Pour établir les liens entre ces deux façons de caractériser la multimodalité, situez les propriétés CARE dans la classification en quatre types. Justifiez en détail votre réponse.

b- (4 points) Nous considérons l'exemple classique de multimodalité où des commandes parole sont combinées avec un geste du toucher sur une table. Nous considérons qu'une carte est affichée sur la table tactile (voir Figure à droite).

- Définissez (<d, l>) et caractérisez les deux modalités d'interaction mises en jeu.
- Avec la tâche de votre choix, faites le diagramme CARE avec un cas de Complémentarité
- Avec la tâche de votre choix, faites le diagramme CARE avec un cas de Redondance
- Avec la tâche de votre choix, faites le diagramme CARE avec un cas d'Equivalence

**Question 3 CONCEPTION DE MENU (4 POINTS, environ 12 minutes)**

a- (1,5 point) Au sein du modèle du processeur humain, plusieurs types de mémoire sont identifiés. Listez ces mémoires et expliquez leurs rôles.

b- (1 point) Nous trouvons souvent le conseil suivant : "Le nombre conseillé d'items dans un menu est de 7." Expliquez pourquoi ? Proposez une solution pour des menus ayant plus de 7 items.

c- (1,5 point) Expliquez l'intérêt des menus circulaires sur les menus linéaires en vous reposant sur la loi de Fitts.

² Capture d'écran du jeu Pokémon GO <https://webzine.souris-grise.fr/dossier-pokemon-go-atouts-limites-questionnements-et-modele-tout-comprendre/>

³ Illustration des modalités issue de <http://iihm.imag.fr/demo/multibifocal/>