

COLAS Gaël  
PRABAKARAN Sylvestre

## Projet P5C404

Application d'un point de  
vue d'ingénieur  
à la réalisation  
d'un tour de magie

Encadré par Laurent CABARET

Comment utiliser les  
méthodes d'ingénieur pour  
couper quelqu'un en deux...

# UN GRAND CLASSIQUE DE LA MAGIE

Le tour de la personne coupée  
en deux

# Livrables Complémentaires de la GI

- 1) Check-list de conception d'une GI**
- 2) Plans de la GI**
- 3) Consignes d'ajustement**
- 4) Manuel d'utilisation**
- 5) Code Arduino**
- 6) Excel des positions**

# Conception du tour

## Étapes de conception d'un tour de magie

- 1) Choix de l'effet magique**
- 2) Recherches sur l'état de l'art**
- 3) Sélection de la solution technique**
- 4) Description précise du déroulement**
- 5) Conception des plans techniques**
- 6) Réalisation du dispositif final**

# Conception du tour

## Étapes de conception d'un tour de magie

Ingénieur Magicien

- 1) Choix de l'effet magique
- 2) Recherches sur l'état de l'art
- 3) Sélection de la solution technique
- 4) Description précise du déroulement
- 5) Conception des plans techniques
- 6) Réalisation du dispositif final

# Conception du tour

## Étapes de conception d'un tour de magie

- 1) Choix de l'effet magique
- 2) Recherches sur l'état de l'art
- 3) Sélection de la solution technique
- 4) Description précise du déroulement
- 5) Conception des plans techniques
- 6) Réalisation du dispositif final

# Conception du tour

## Étapes de conception d'un tour de magie

- 1) Choix de l'effet magique
- 2) Recherches sur l'état de l'art
- 3) Sélection de la solution technique
- 4) Description précise du déroulement
- 5) Conception des plans techniques
- 6) Réalisation du dispositif final

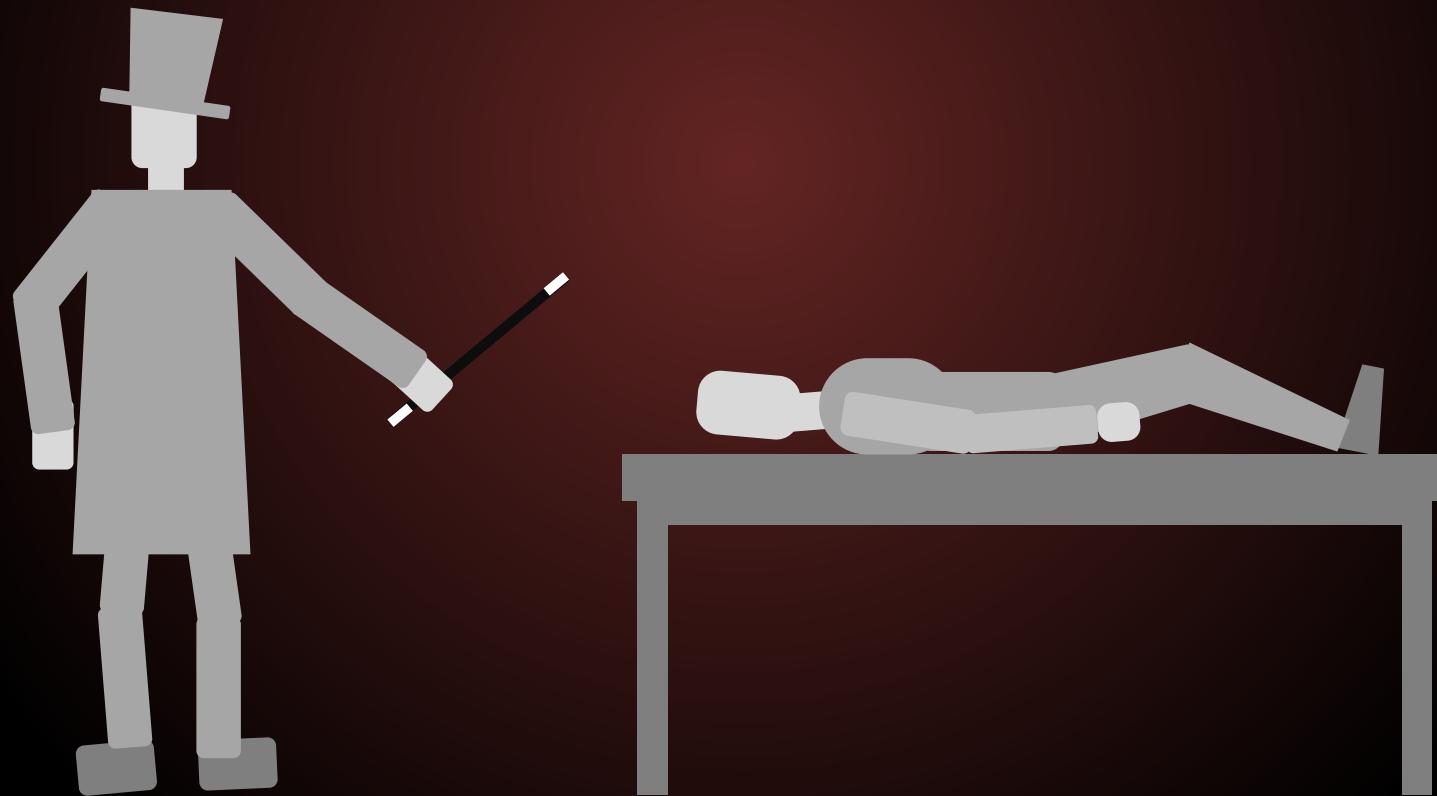
# 1- Choix de l'effet magique

## Un effet magique

**Lorsqu'un élément (ou plusieurs) défient,  
sans explication apparente à leurs yeux,  
un principe physique ou logique.**

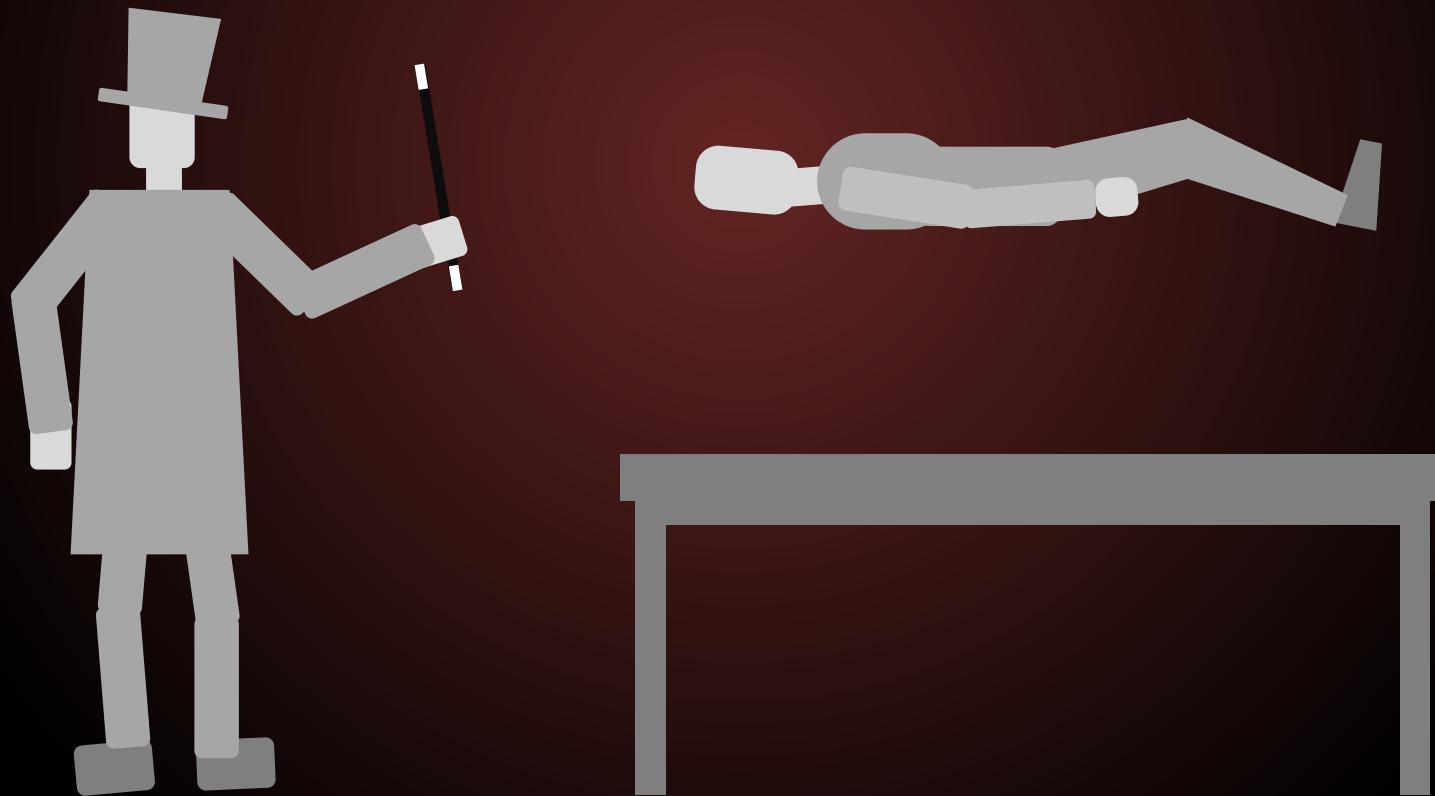
# 1- Choix de l'effet magique

**Un effet magique**



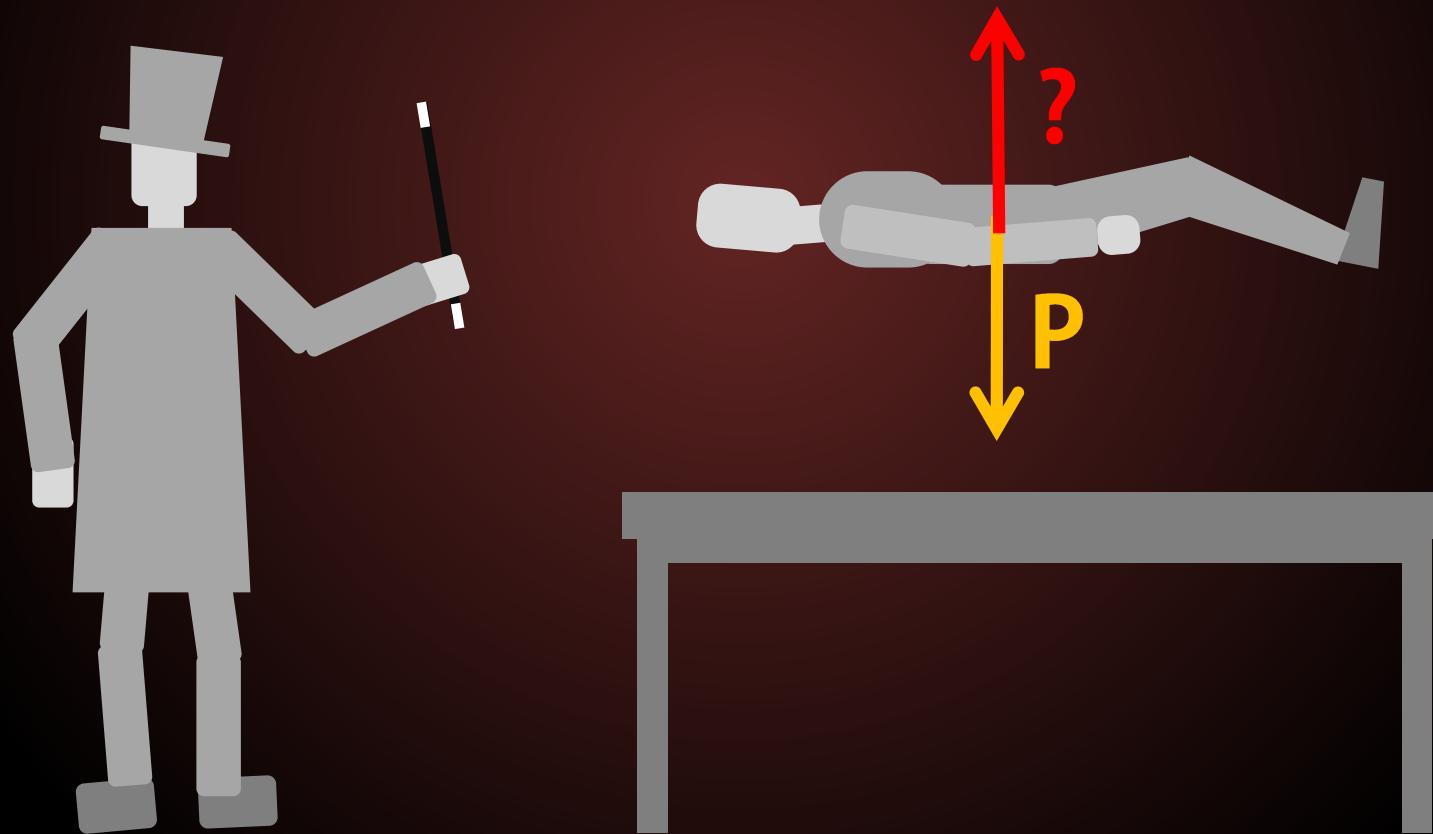
# 1- Choix de l'effet magique

Un effet magique



# 1- Choix de l'effet magique

## Un effet magique



# 1- Choix de l'effet magique

## Principe général

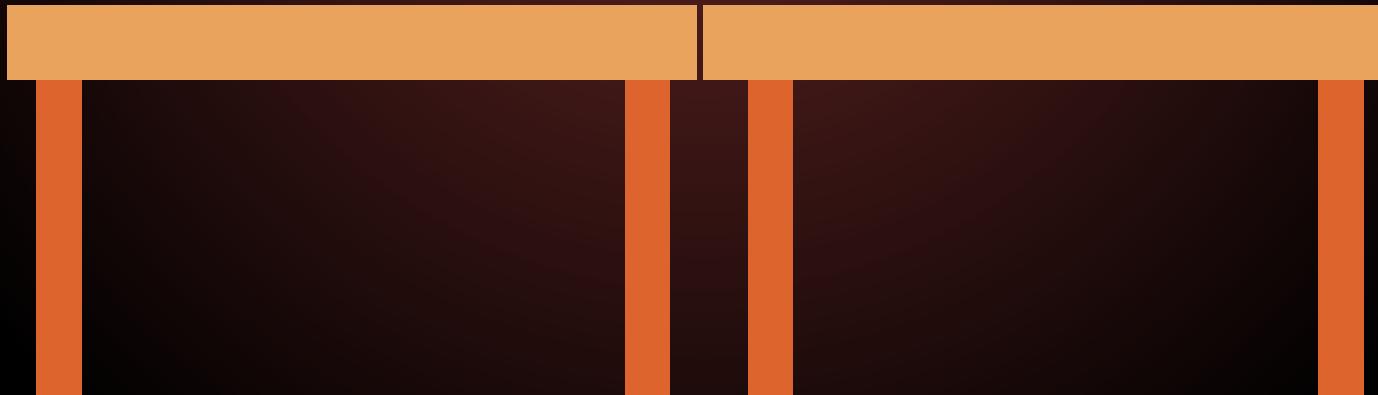
# 1- Choix de l'effet magique

## Principe général



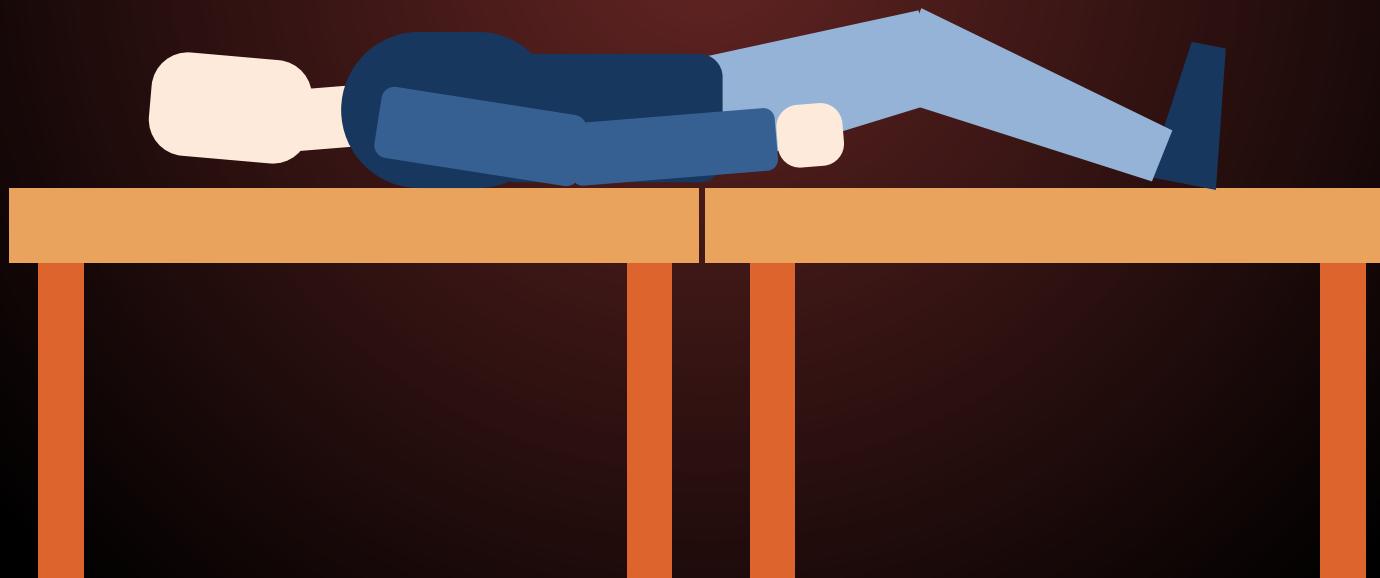
# 1- Choix de l'effet magique

## Principe général



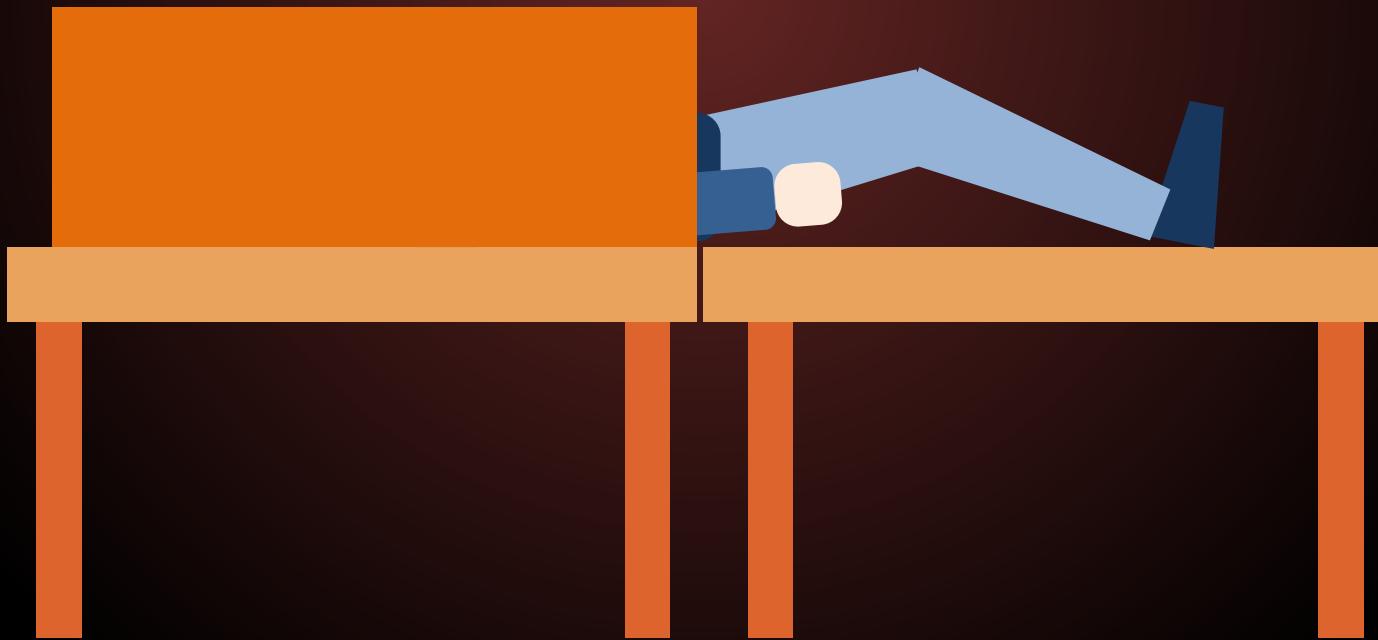
# 1- Choix de l'effet magique

## Principe général



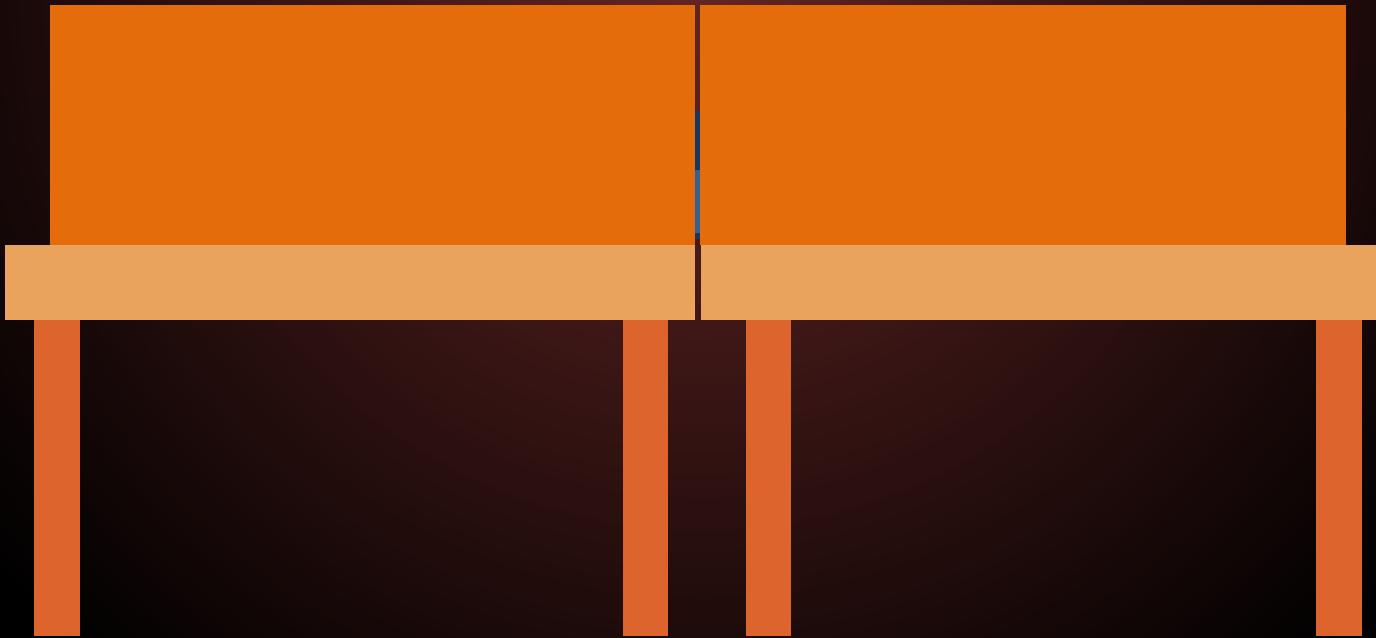
# 1- Choix de l'effet magique

## Principe général



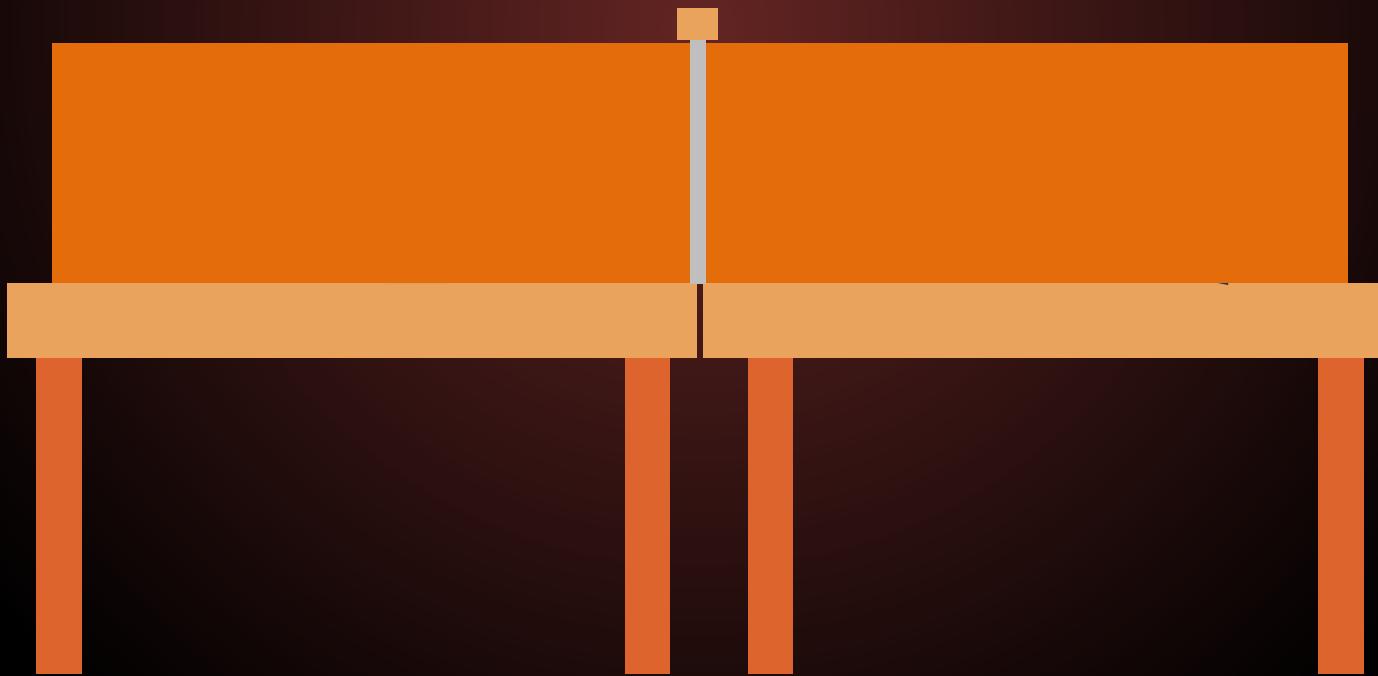
# 1- Choix de l'effet magique

## Principe général



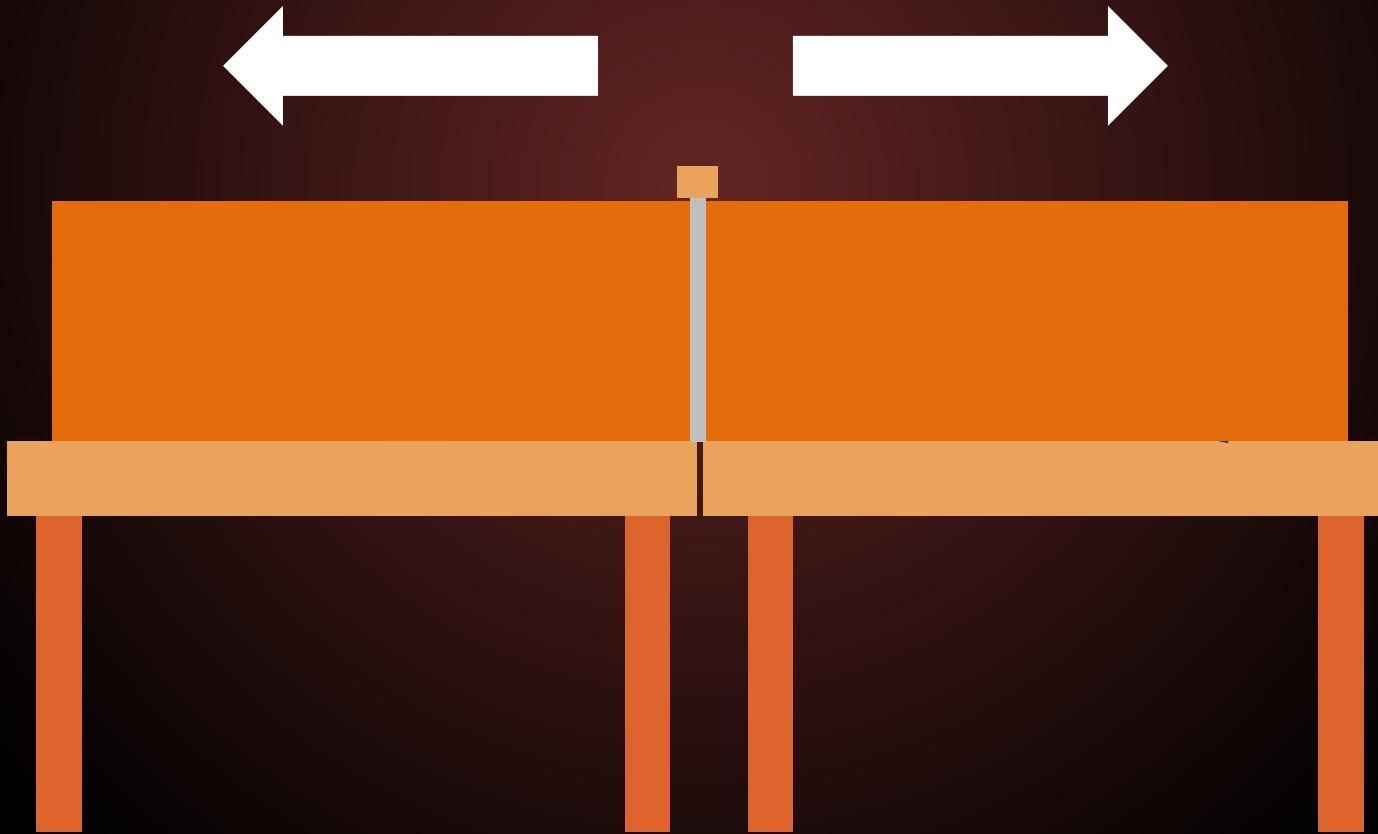
# 1- Choix de l'effet magique

## Principe général



# 1- Choix de l'effet magique

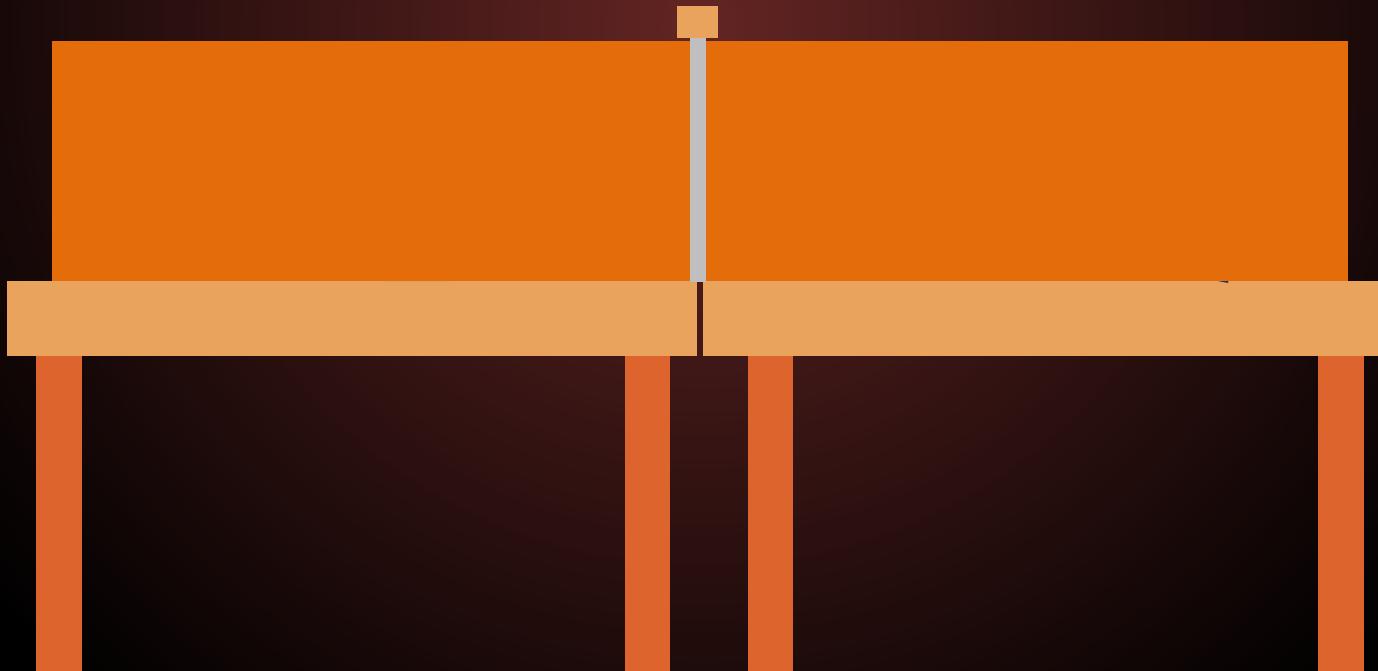
## Principe général



# 1- Choix de l'effet magique

Principe physique mis à mal :

**PRINCIPE DU VIVANT**



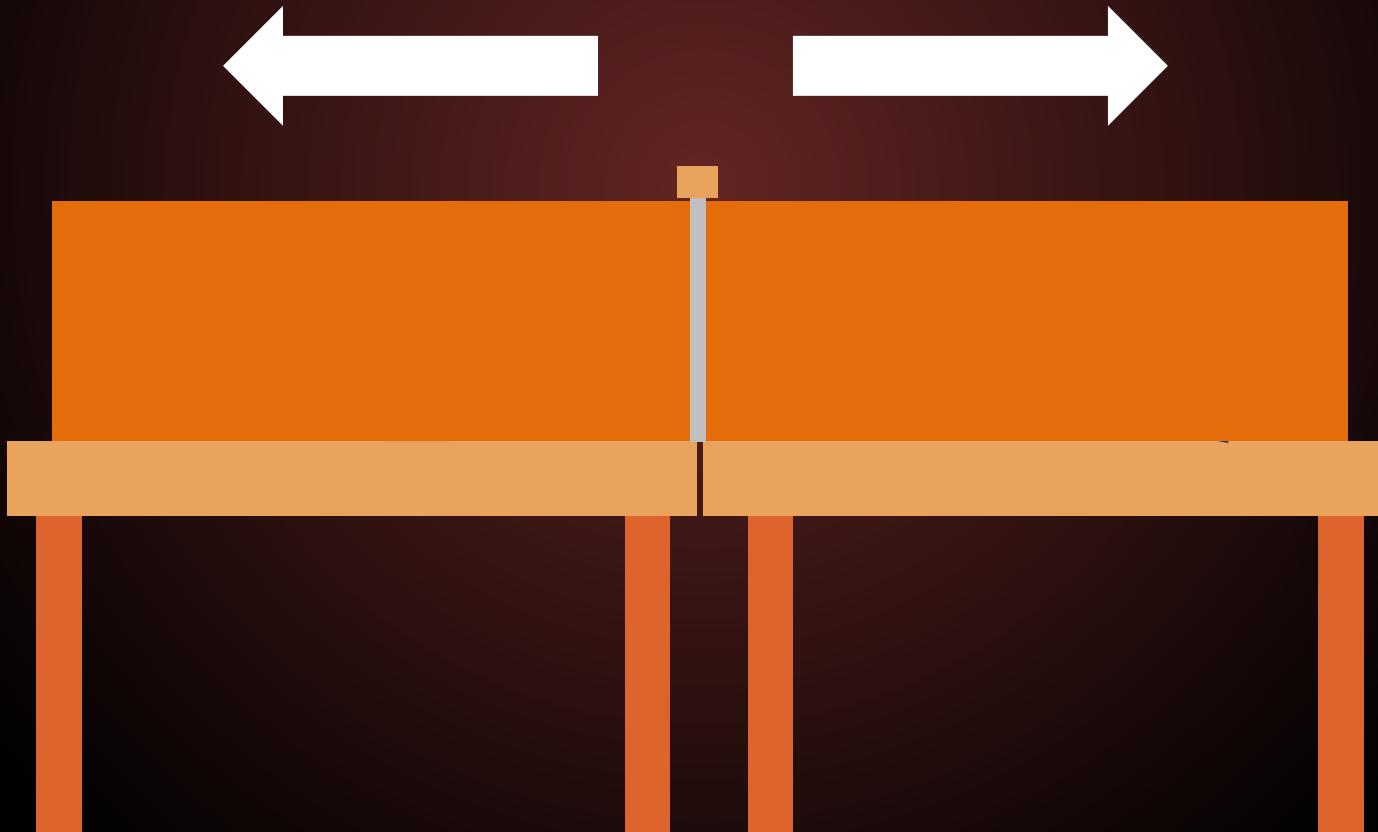
# Conception du tour

## Étapes de conception d'un tour de magie

- 1) Choix de l'effet magique
- 2) Recherches sur l'état de l'art
- 3) Sélection de la solution technique
- 4) Description précise du déroulement
- 5) Conception des plans techniques
- 6) Réalisation du dispositif final

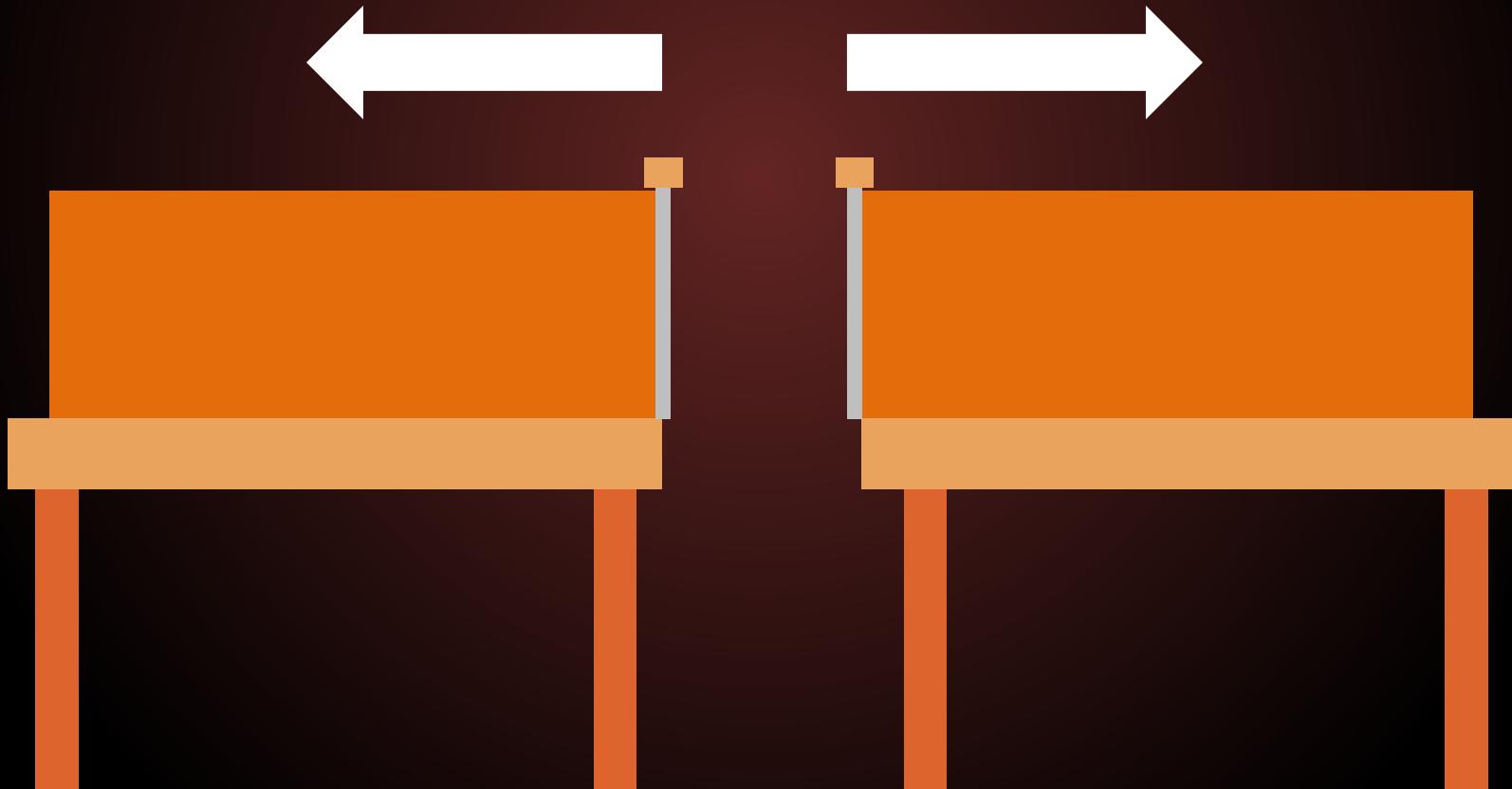
## 2- Recherches sur l'état de l'art

### Principe général



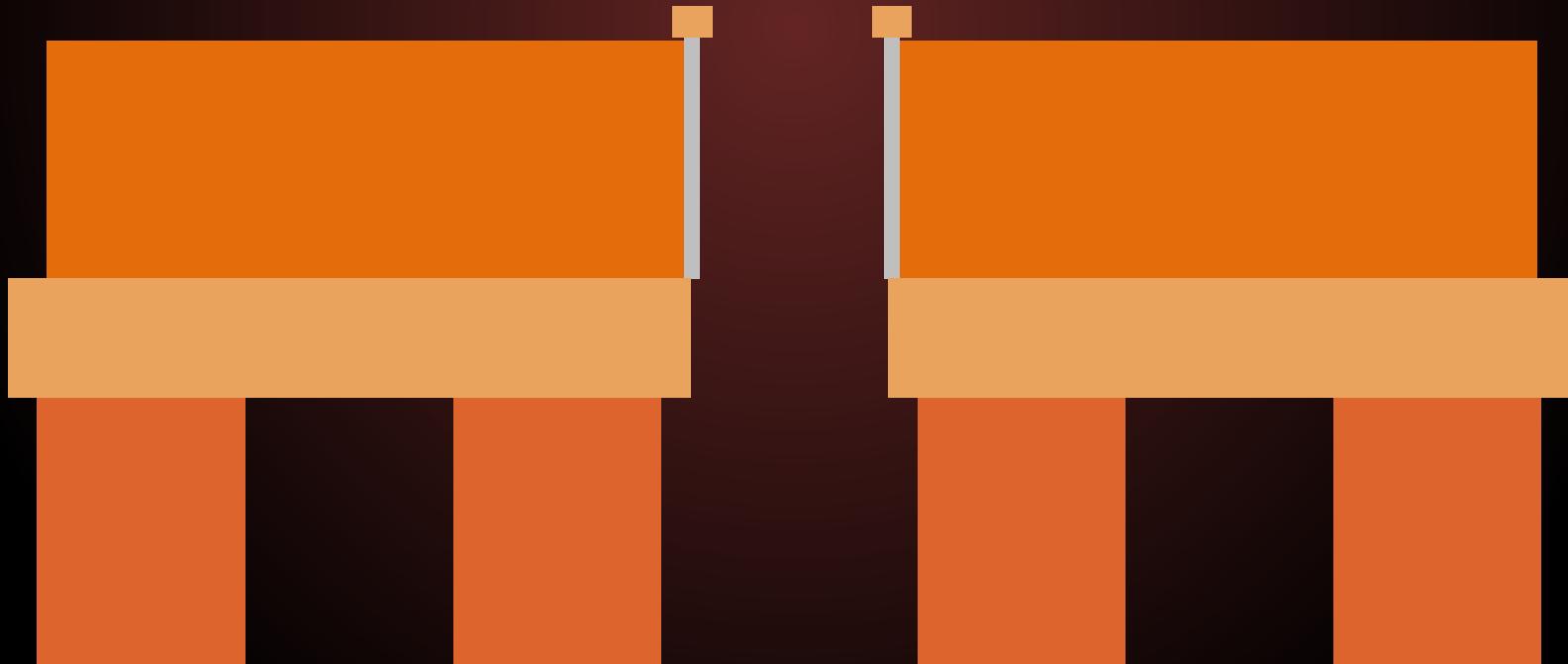
## 2- Recherches sur l'état de l'art

**Première alternative**  
**Séparer complètement les deux parties**



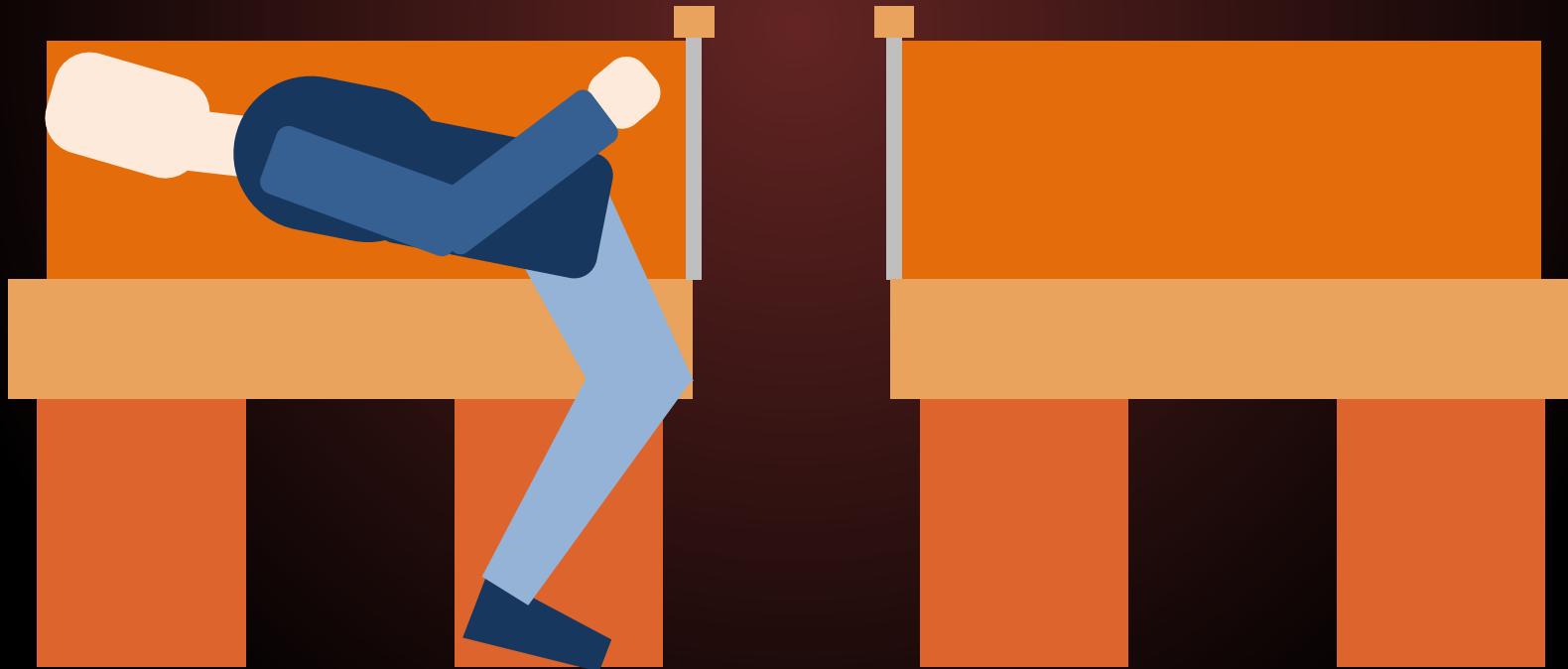
## 2- Recherches sur l'état de l'art

**Première alternative**  
**Séparer complètement les deux parties**



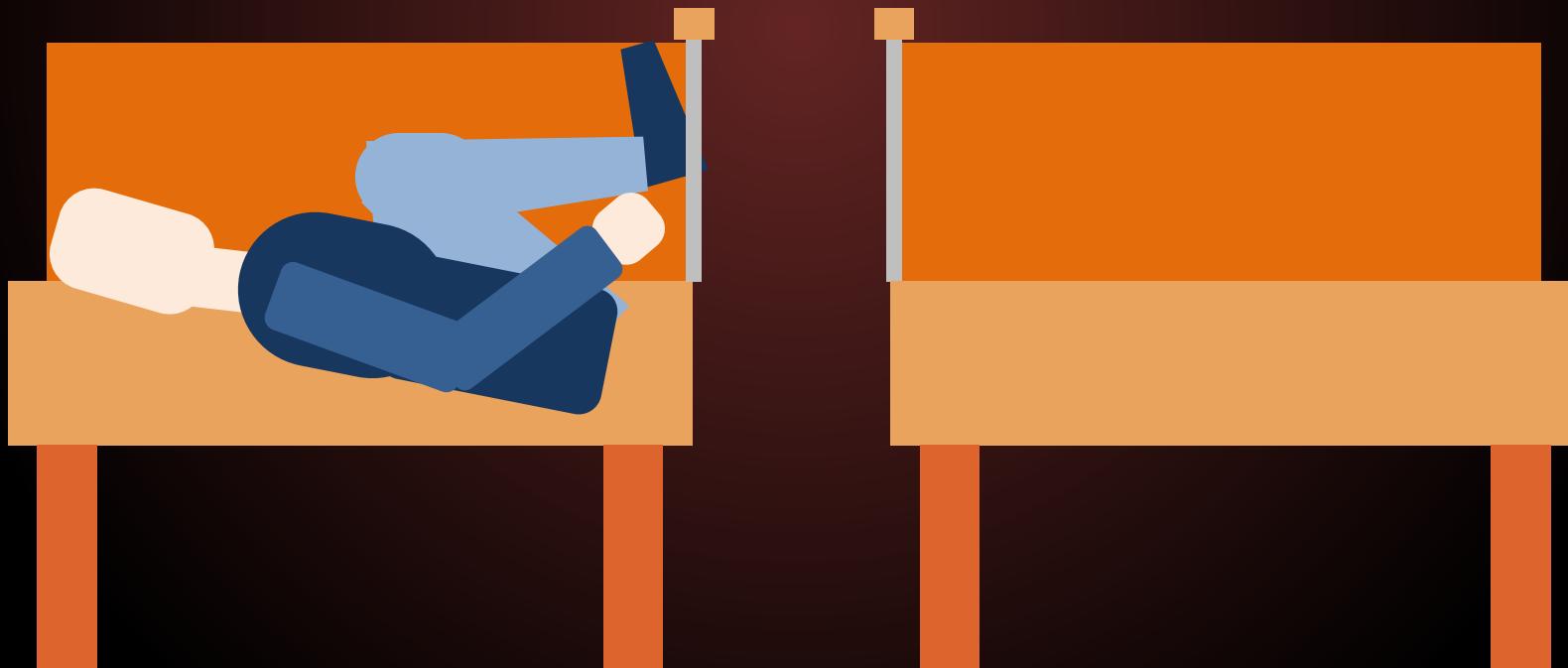
## 2- Recherches sur l'état de l'art

**Première alternative**  
**Séparer complètement les deux parties**



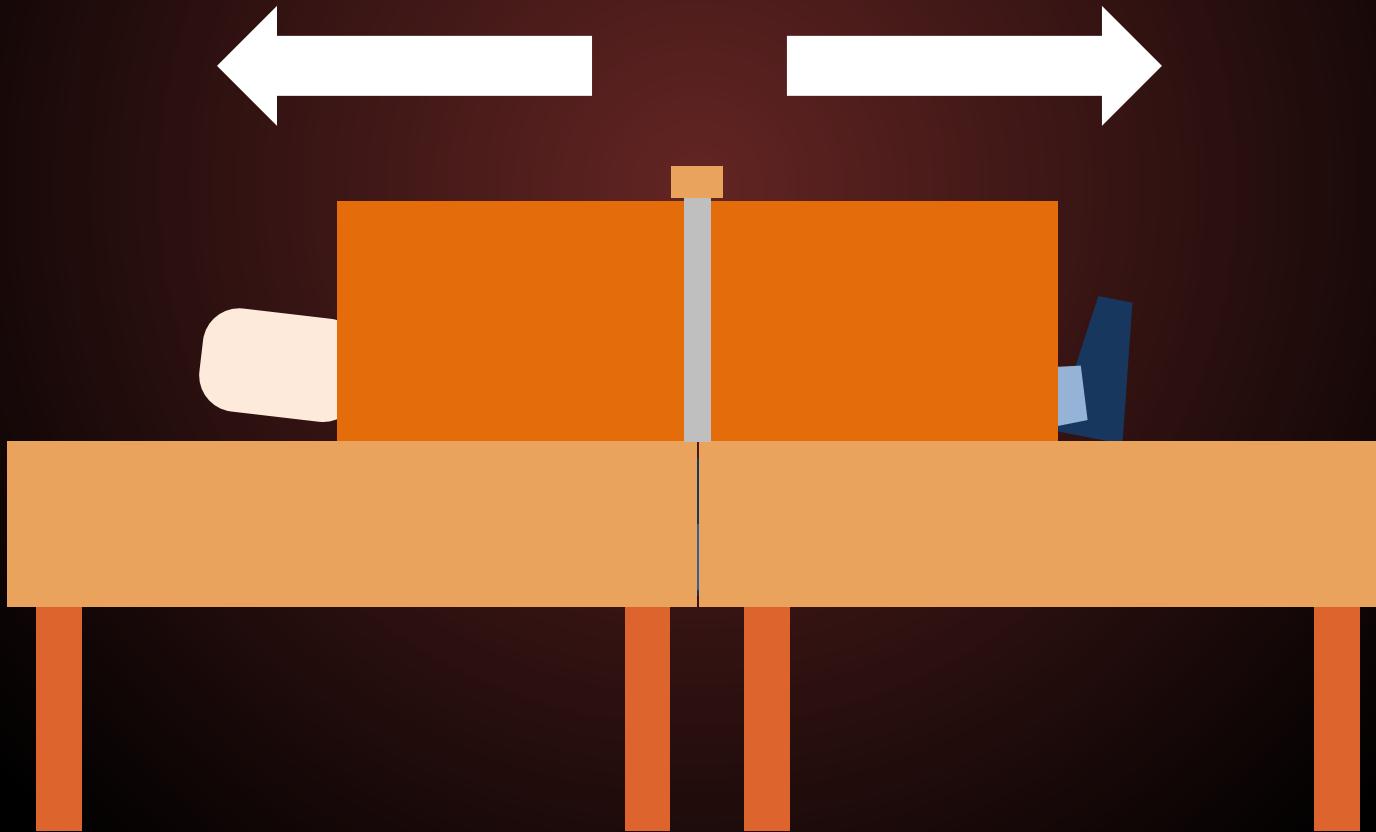
## 2- Recherches sur l'état de l'art

**Première alternative**  
**Séparer complètement les deux parties**



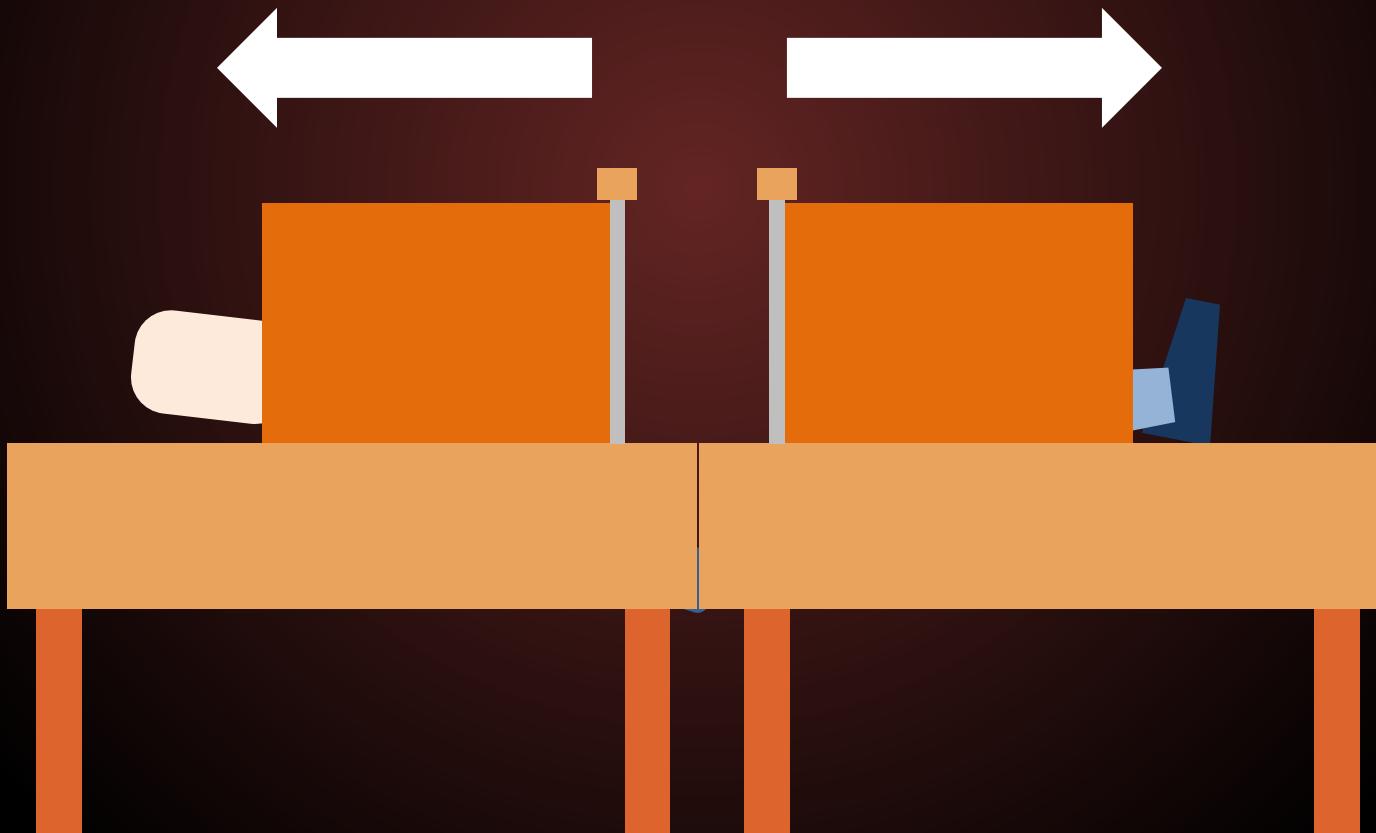
## 2- Recherches sur l'état de l'art

### Deuxième alternative Révéler la tête et les pieds



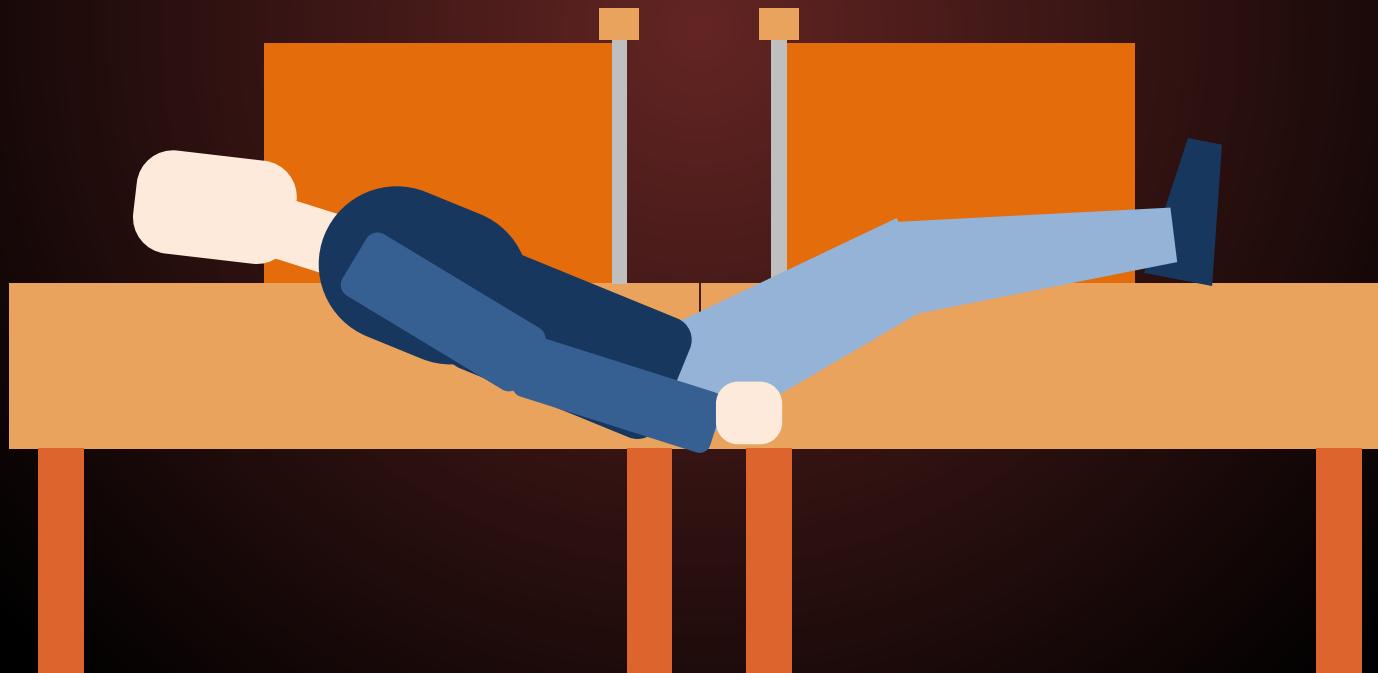
## 2- Recherches sur l'état de l'art

### Deuxième alternative Révéler la tête et les pieds



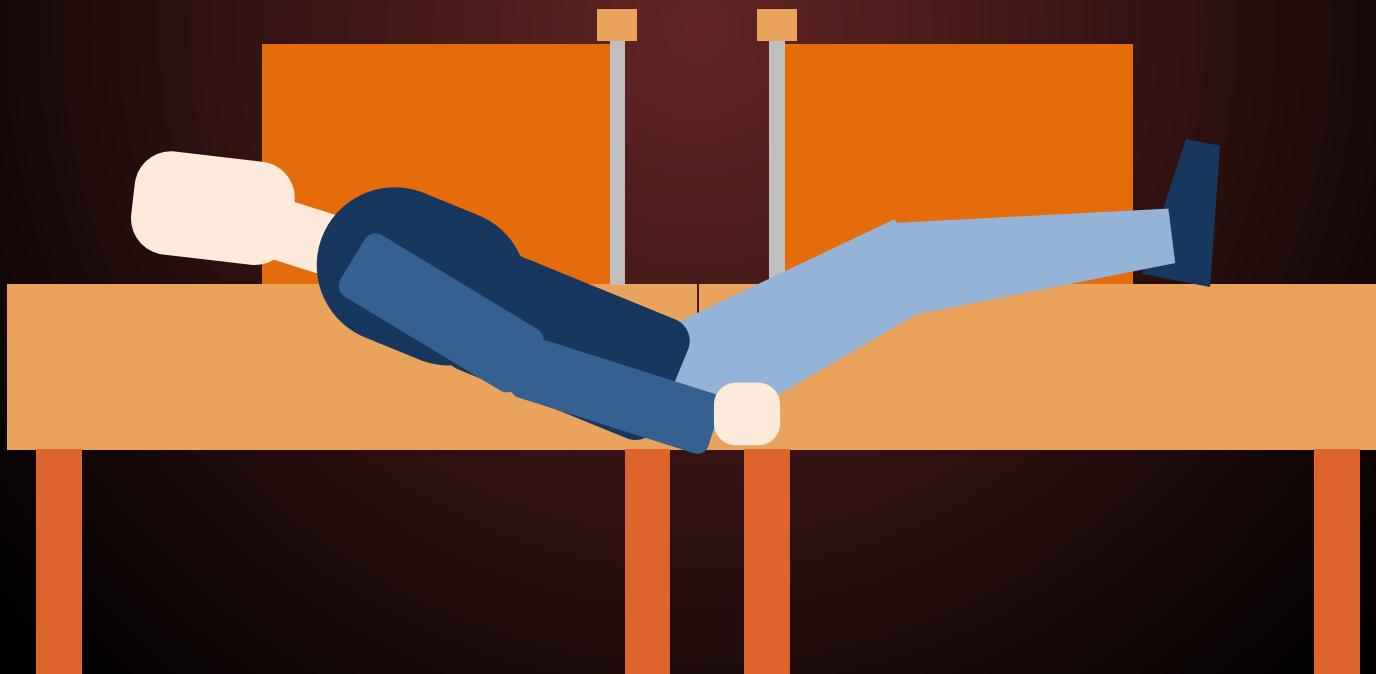
## 2- Recherches sur l'état de l'art

### Deuxième alternative Révéler la tête et les pieds



## 2- Recherches sur l'état de l'art

### Deuxième alternative Révéler la tête et les pieds



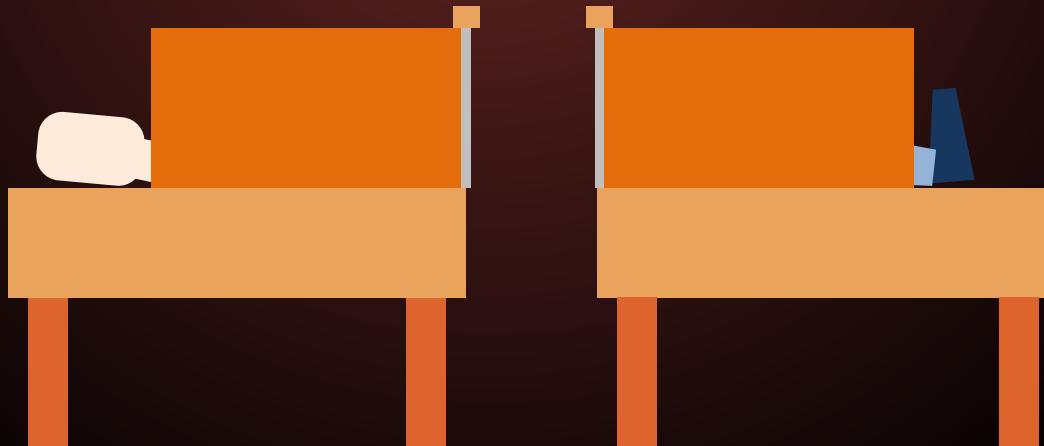
# Conception du tour

## Étapes de conception d'un tour de magie

- 1) Choix de l'effet magique
- 2) Recherches sur l'état de l'art
- 3) Sélection de la solution technique
- 4) Description précise du déroulement
- 5) Conception des plans techniques
- 6) Réalisation du dispositif final

# 3- Solution technique

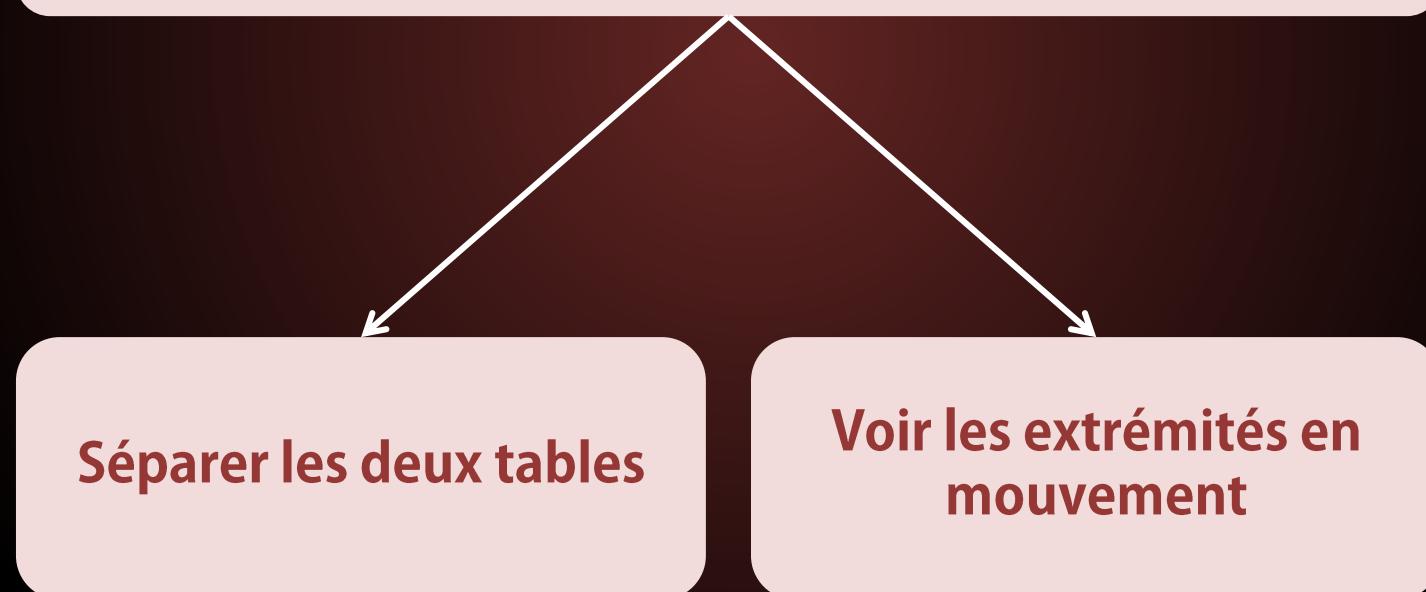
## Notre version du tour



# 3- Solution technique

## Imagination de la solution

Donner l'illusion de couper en deux une personne

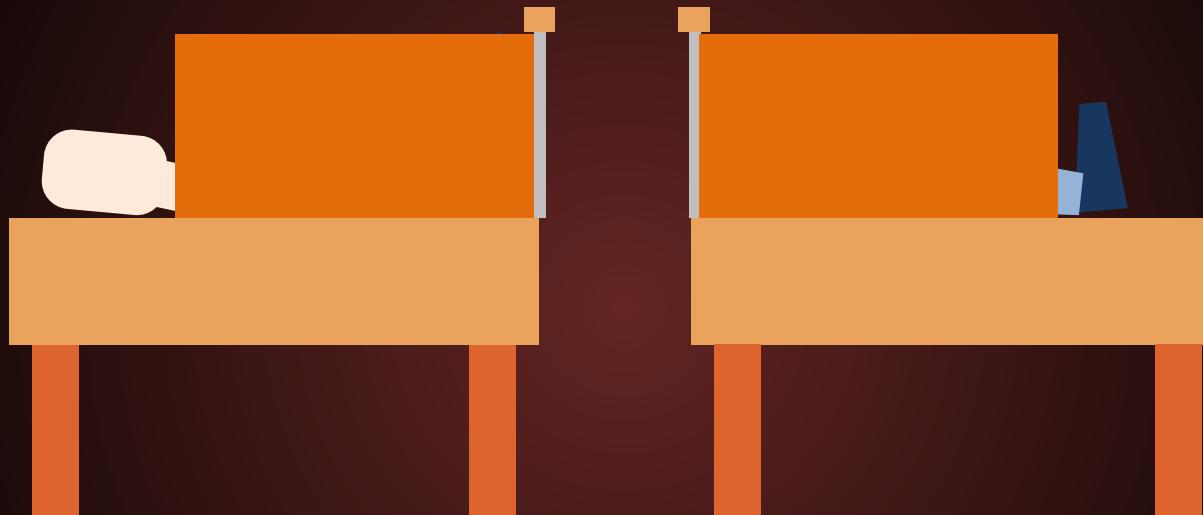


Séparer les deux tables

Voir les extrémités en  
mouvement

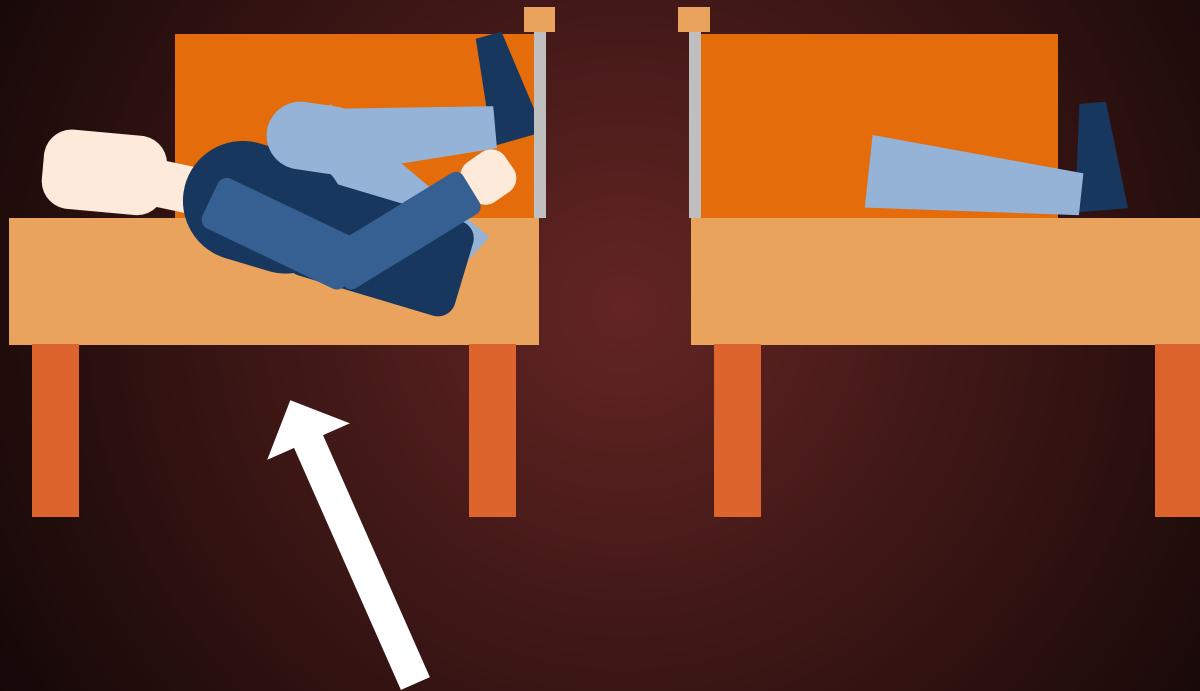
# 3- Solution technique

## Imagination de la solution



# 3- Solution technique

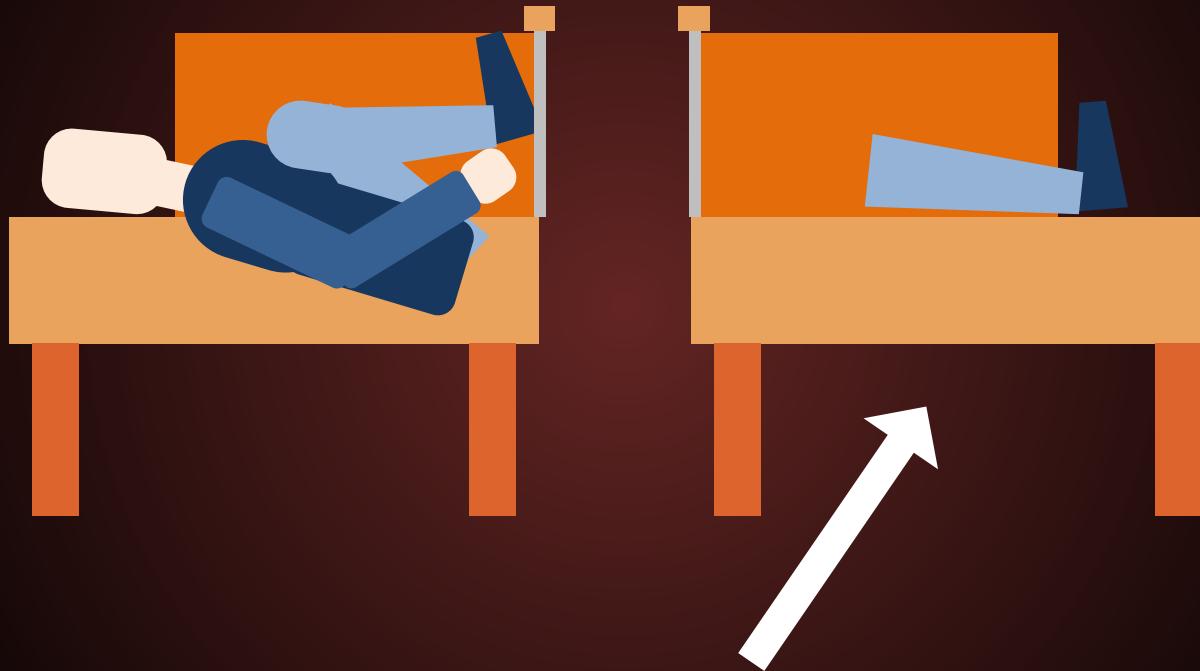
## Imagination de la solution



**Permettre à la personne de se cacher  
dans une seule partie.**

# 3- Solution technique

## Imagination de la solution

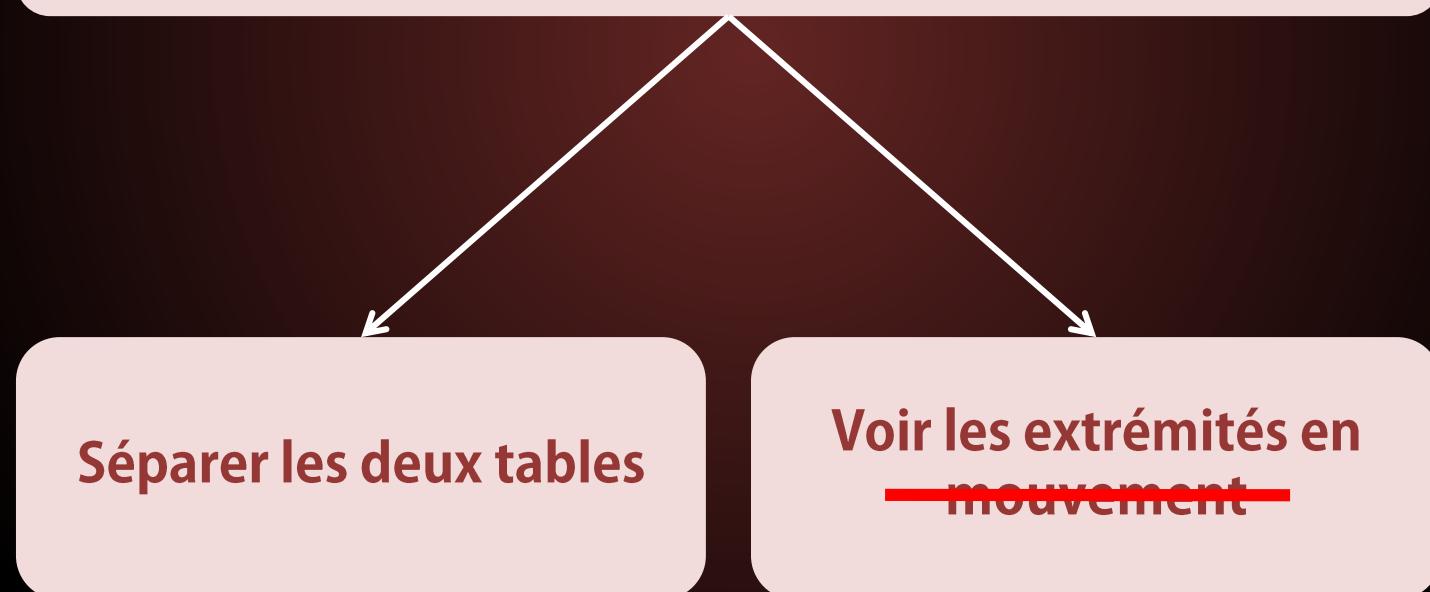


Réaliser des faux pieds pour renforcer  
l'illusion de la séparation.

# 3- Solution technique

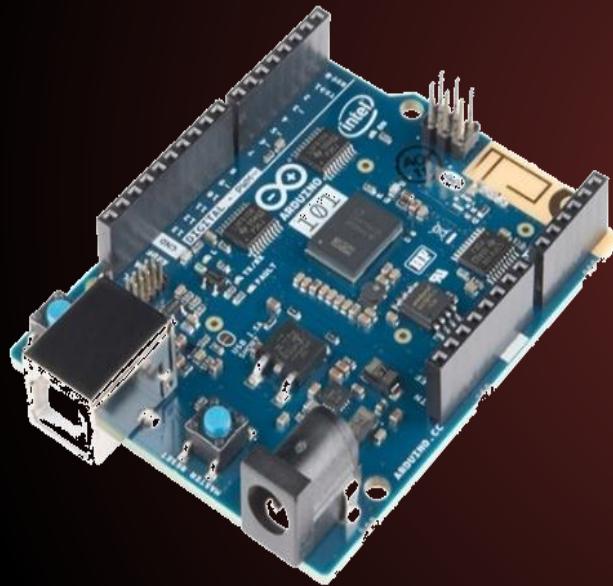
## Mode dégradé

Donner l'illusion de couper en deux une personne



# 3- Solution technique

## A propos de l'électronique



Modèle : ARDUINO GENUINO 101

- Tension d'entrée : 7-12 V
- Tension de sortie : 3,3 V
- Entrées et sorties :
  - 14 pins digitaux  
dont 4 qui fonctionnent en PWM
  - 6 pins analogiques
- Mémoire Flash : 196 kB

# Conception du tour

## Étapes de conception d'un tour de magie

- 1) Choix de l'effet magique
- 2) Recherches sur l'état de l'art
- 3) Sélection de la solution technique
- 4) Description précise du déroulement
- 5) Conception des plans techniques
- 6) Réalisation du dispositif final

# 4- Déroulement précis

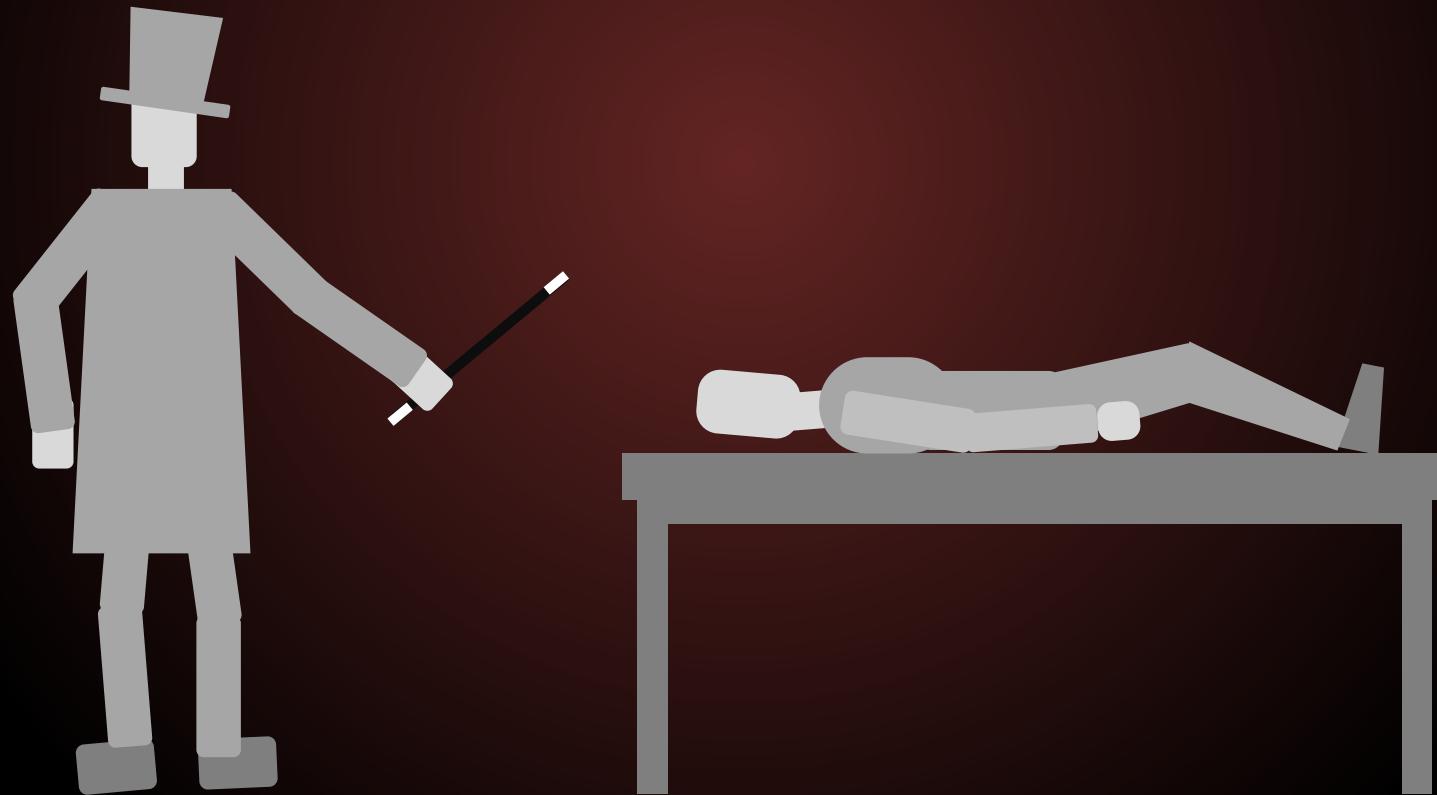
## Informations clés

**Donner des informations :**

- Qui renforcent le principe physique ou logique qui sera aboli par l'effet magique.
- Qui réfutent les éventuelles explications que le spectateur trouverait pour le tour.

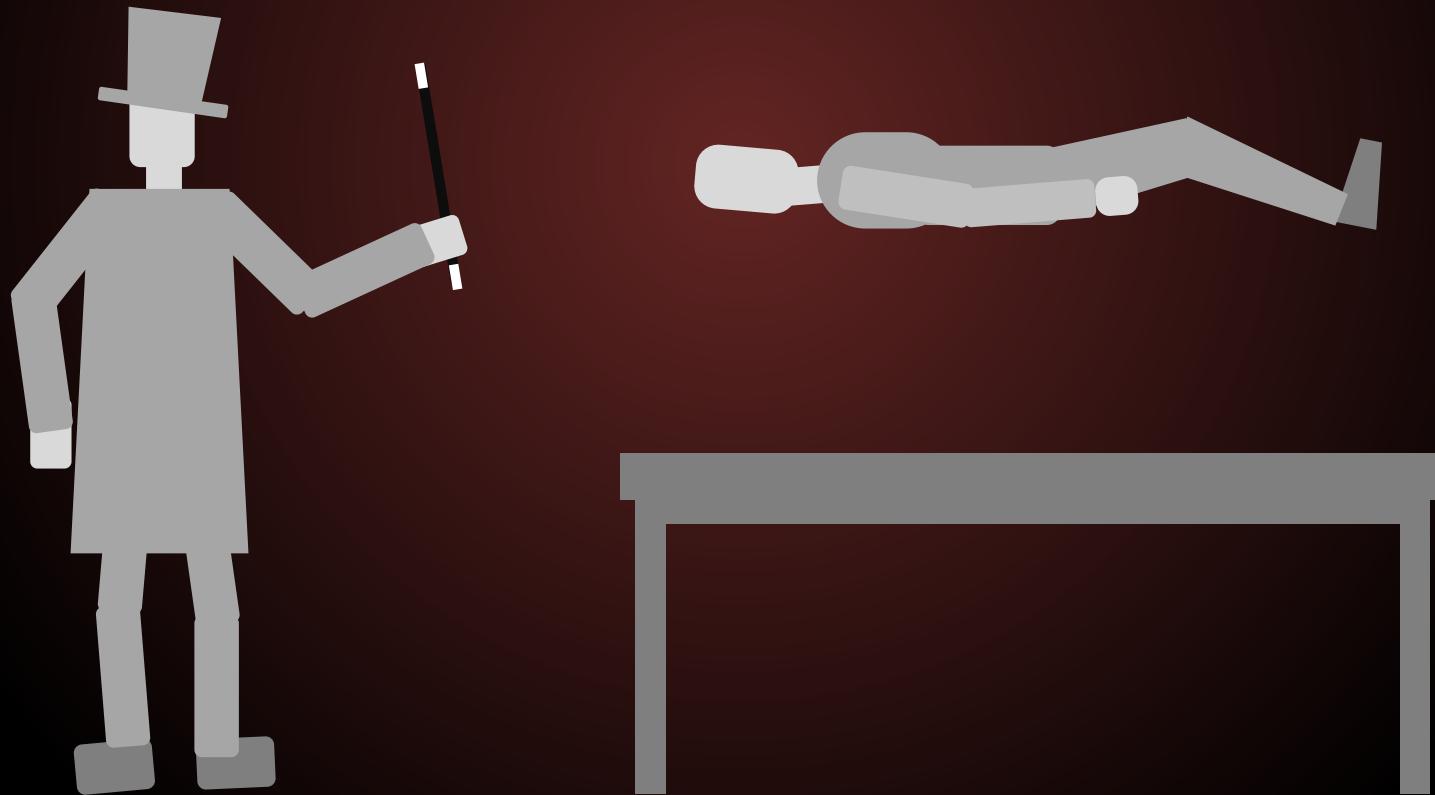
# 4- Déroulement précis

## Informations clés



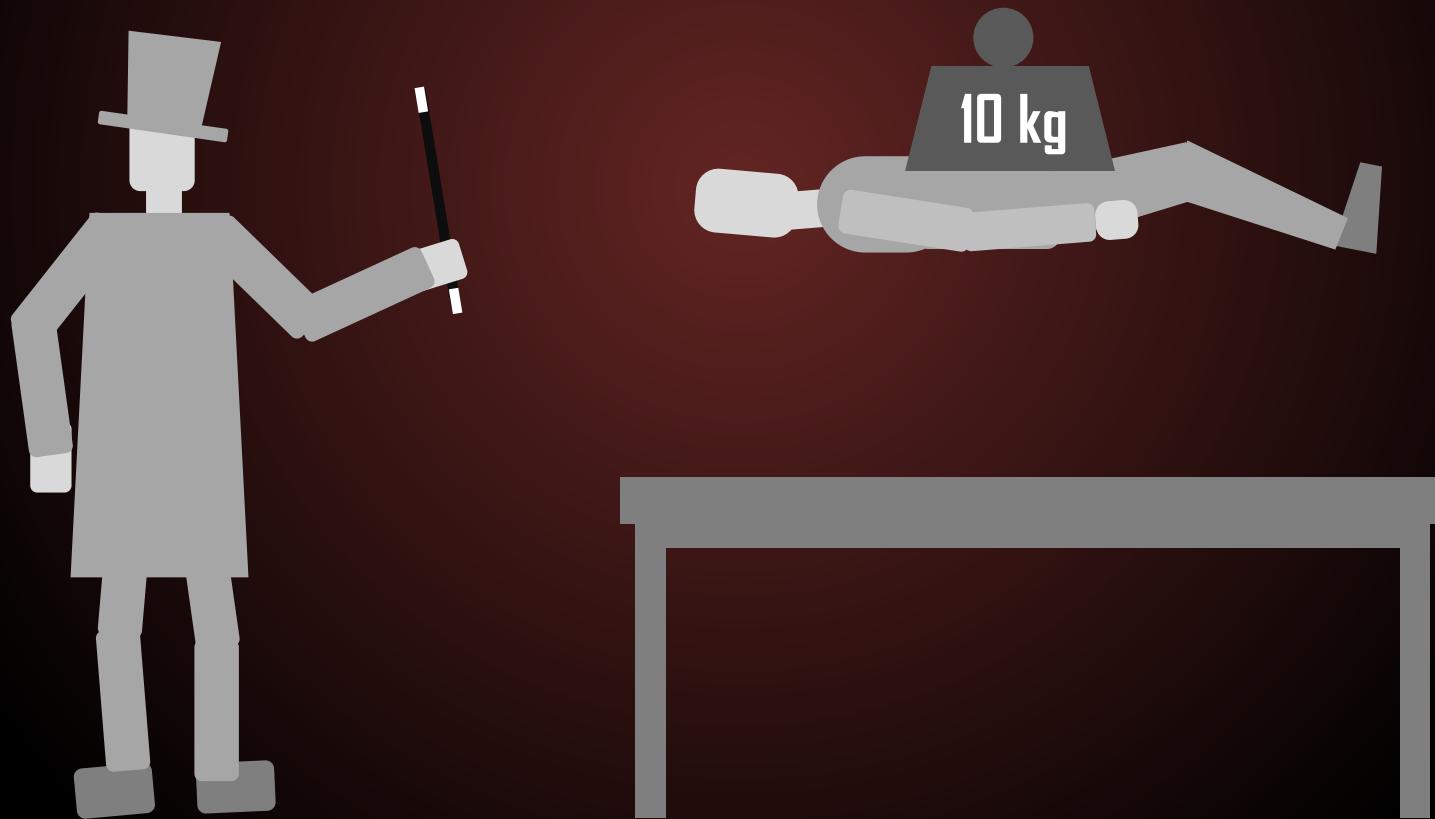
# 4- Déroulement précis

## Informations clés



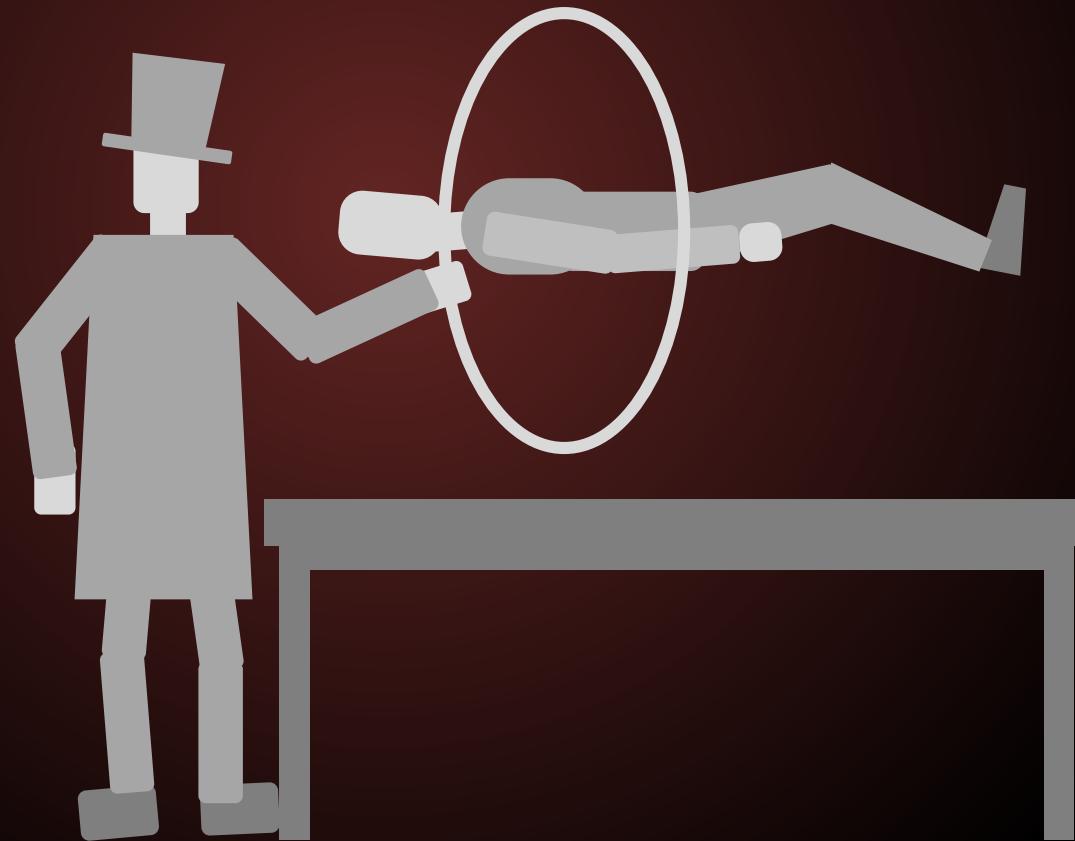
## 4- Déroulement précis

**Renforcer le principe physique ou logique  
qui sera aboli par l'effet magique**



# 4- Déroulement précis

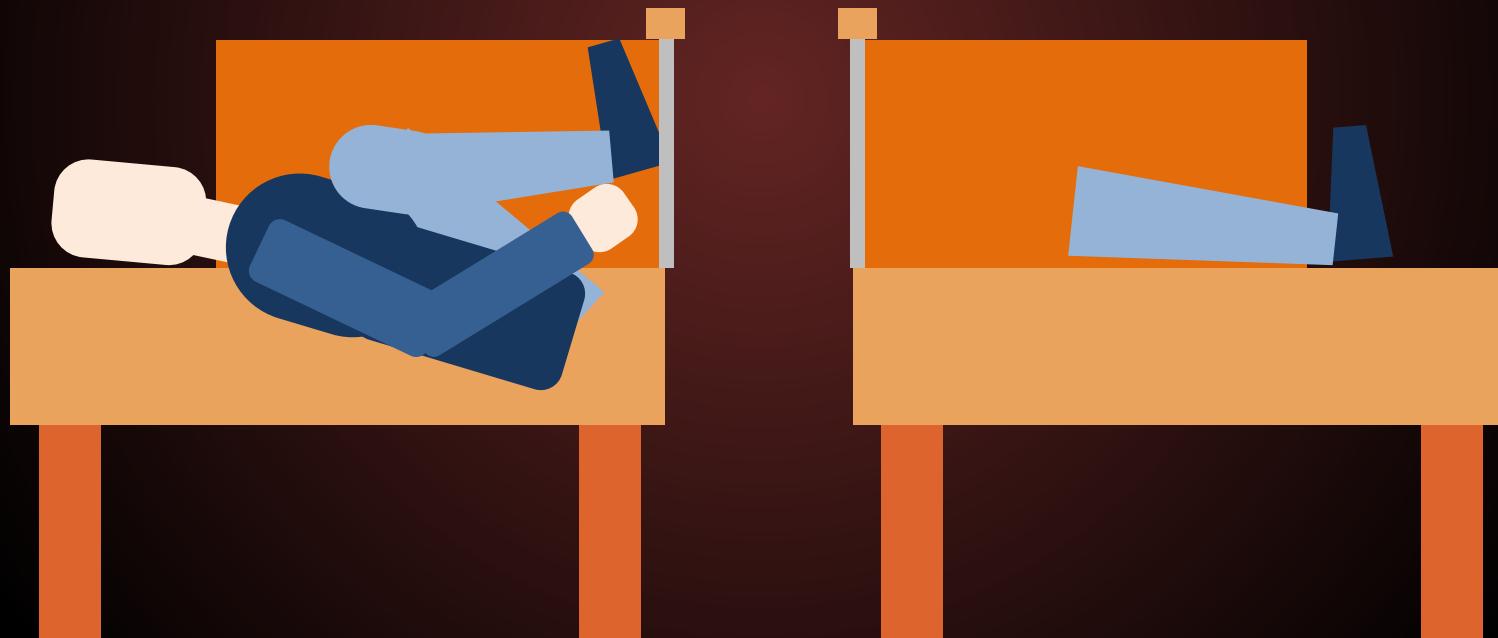
**Réfuter les éventuelles explications du tour**



# 4- Déroulement précis

## Informations clés de notre tour

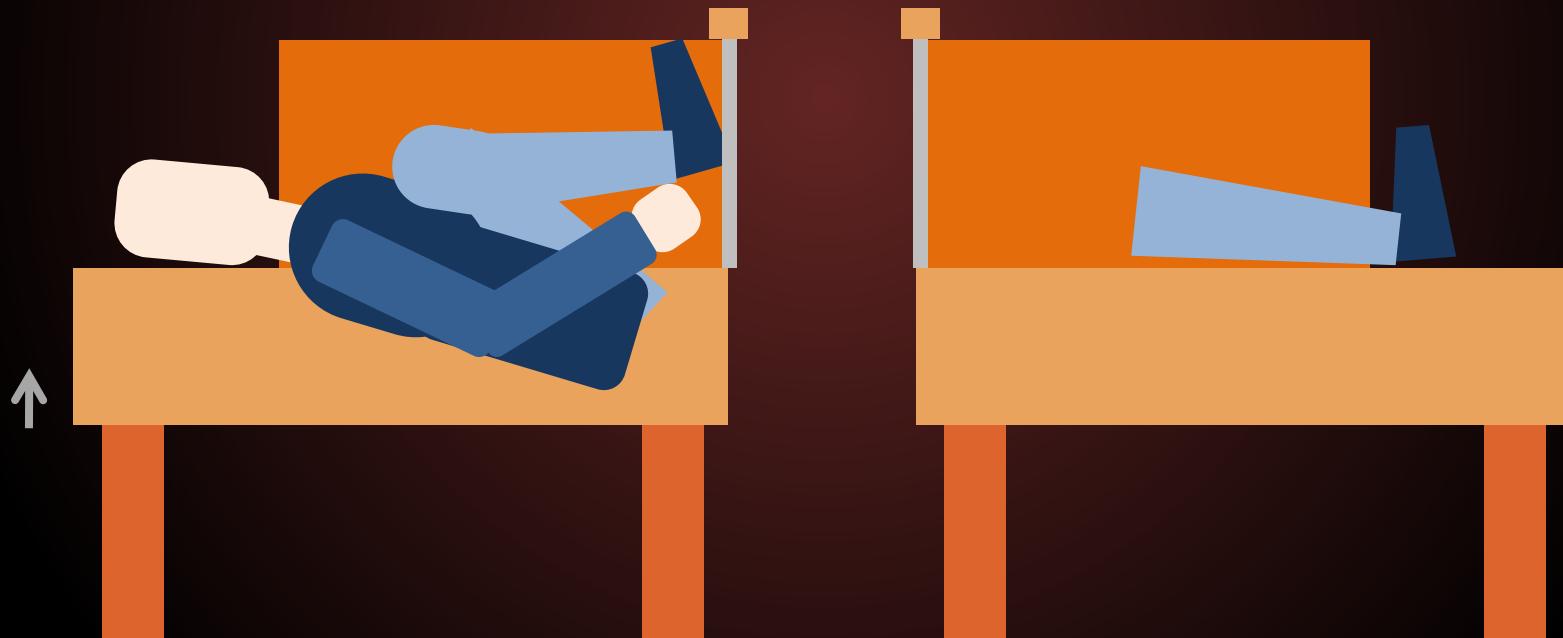
Montrer qu'il n'y a pas de double-fond



# 4- Déroulement précis

## Informations clés de notre tour

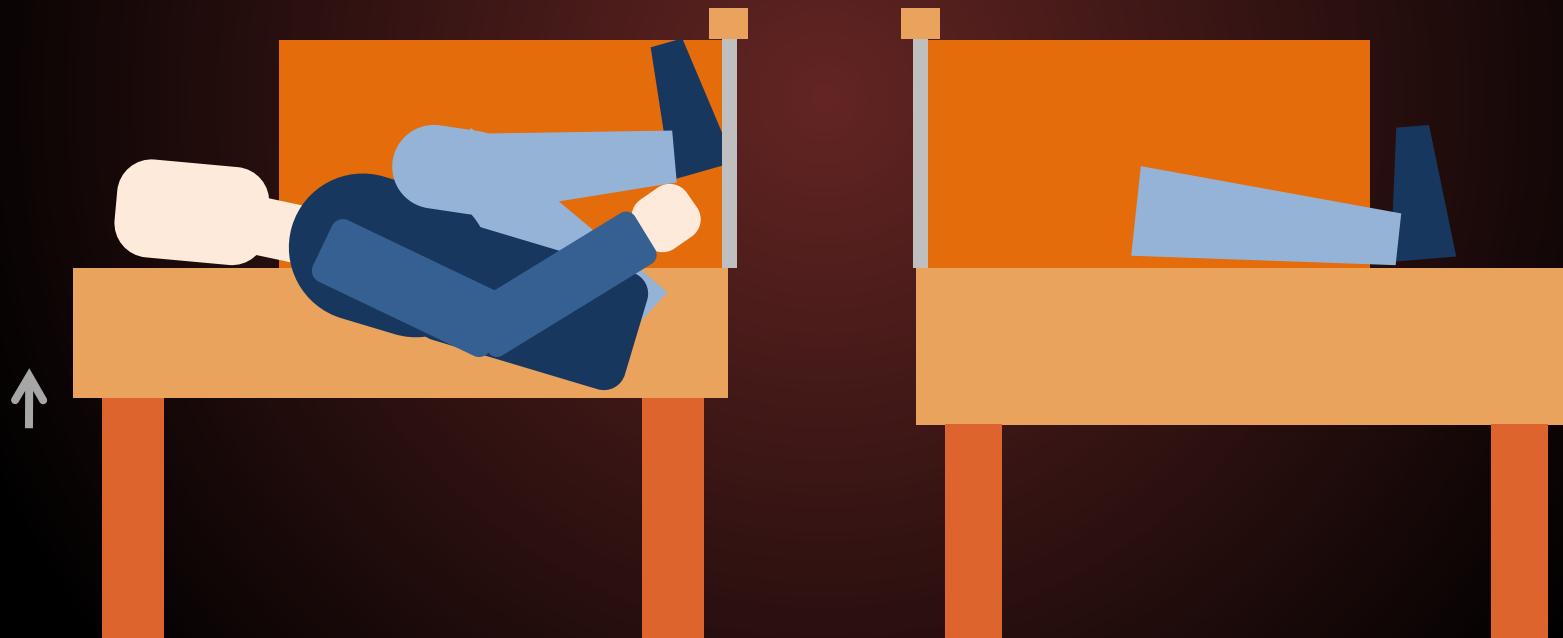
Montrer qu'il n'y a pas de double-fond



# 4- Déroulement précis

## Informations clés de notre tour

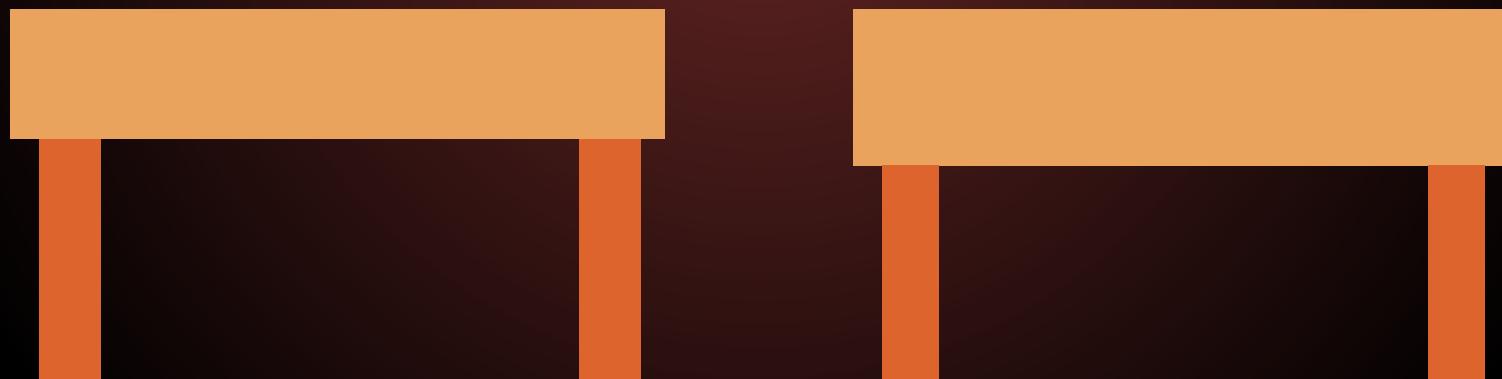
Montrer qu'il n'y a pas de double-fond



# 4- Déroulement précis

## Informations clés de notre tour

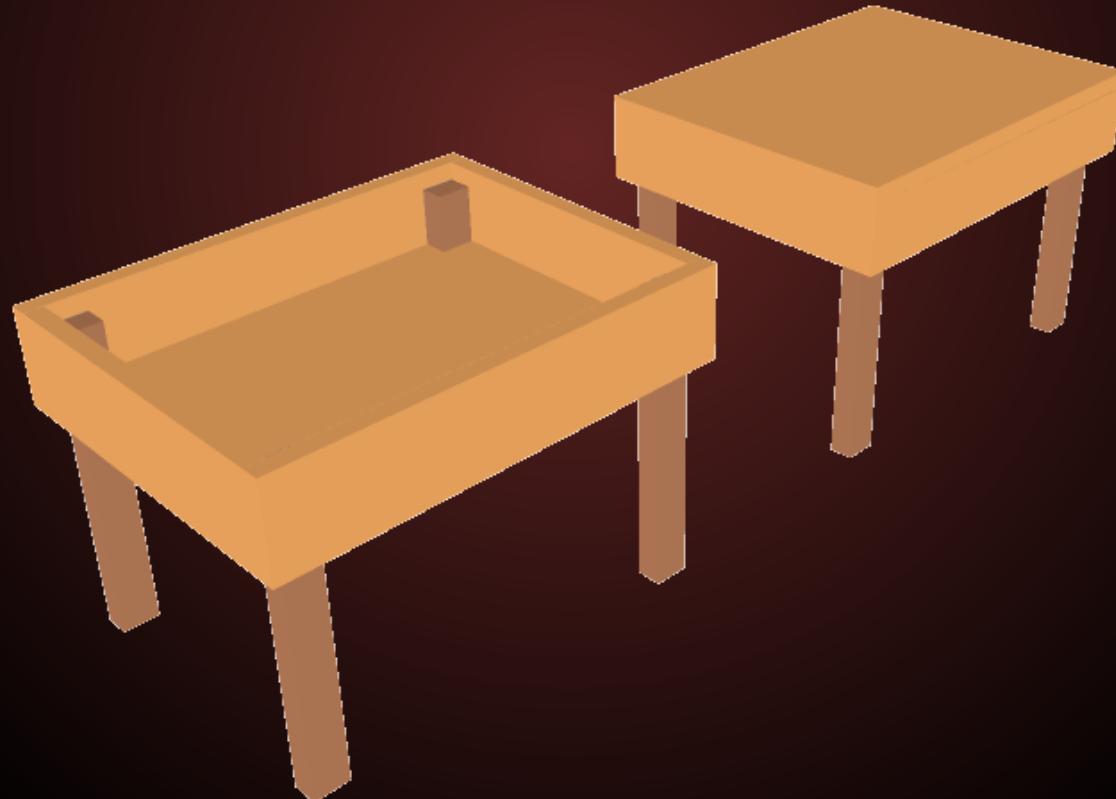
Montrer qu'il n'y a de place pour un double-fond



# 4- Déroulement précis

## Informations clés de notre tour

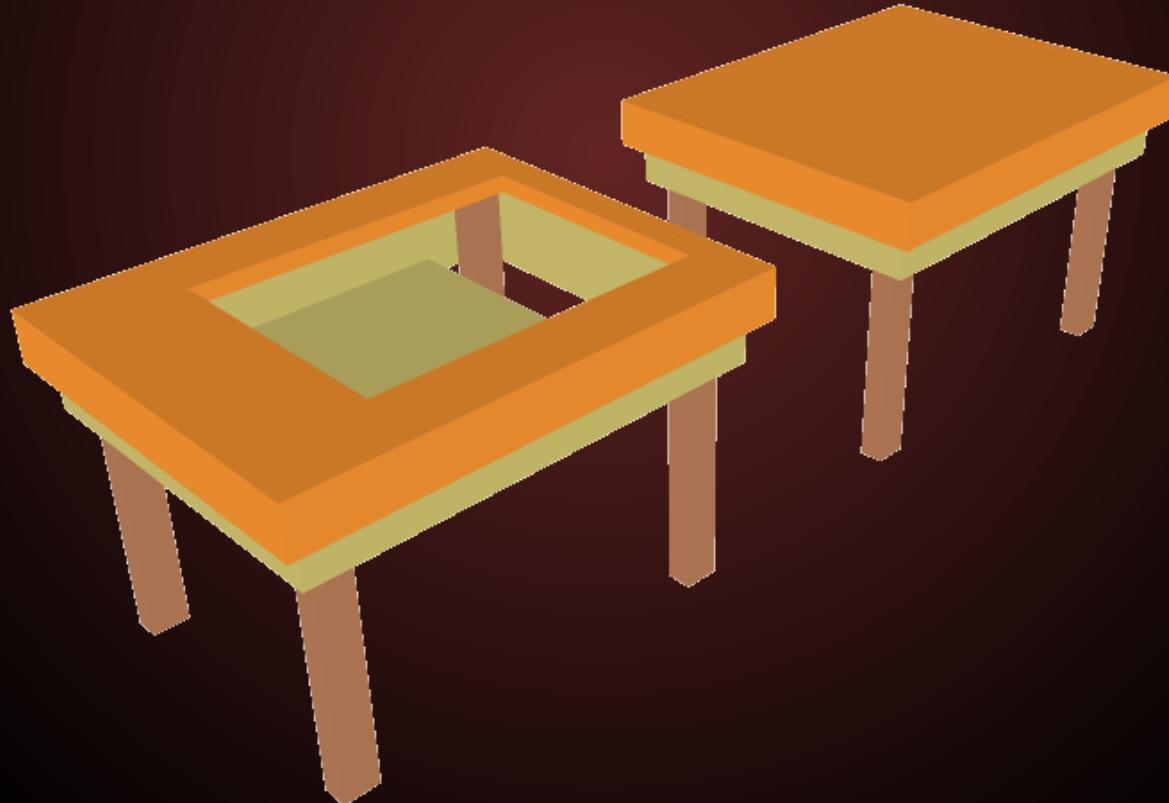
Montrer qu'il n'y a de place pour un double-fond



# 4- Déroulement précis

## Informations clés de notre tour

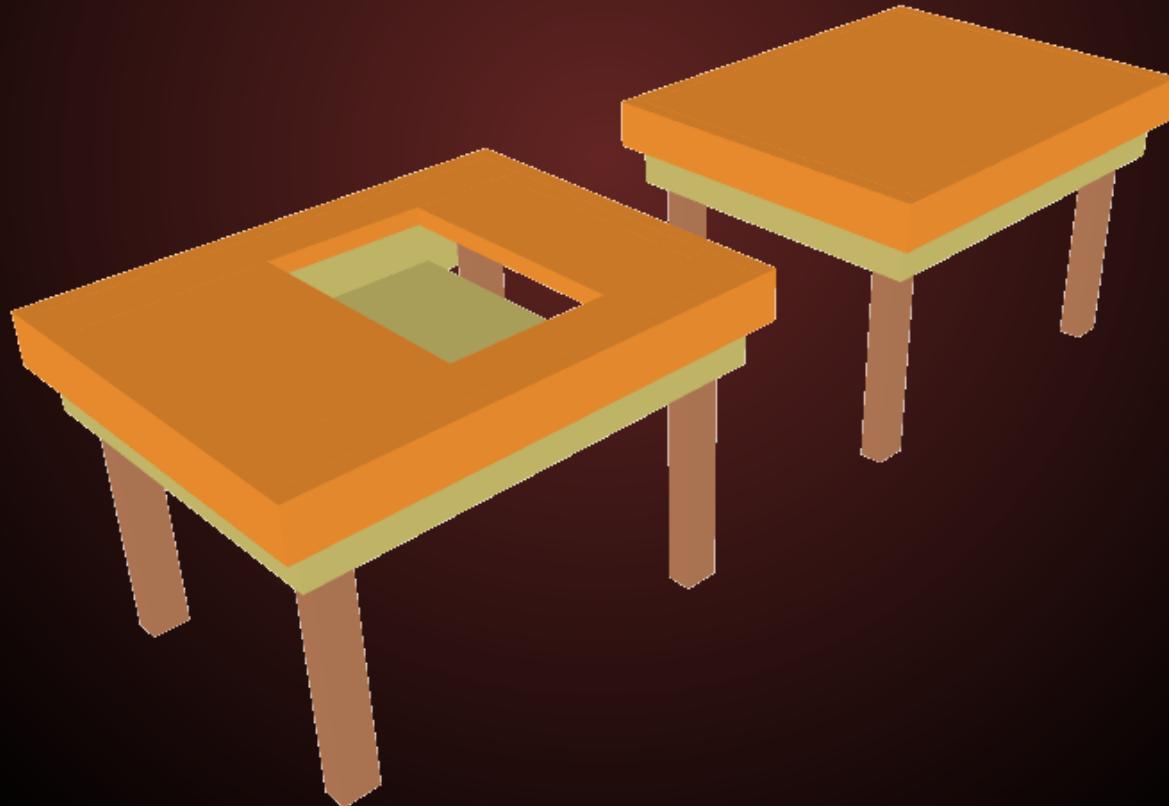
Montrer qu'il n'y a de place pour un double-fond



# 4- Déroulement précis

## Informations clés de notre tour

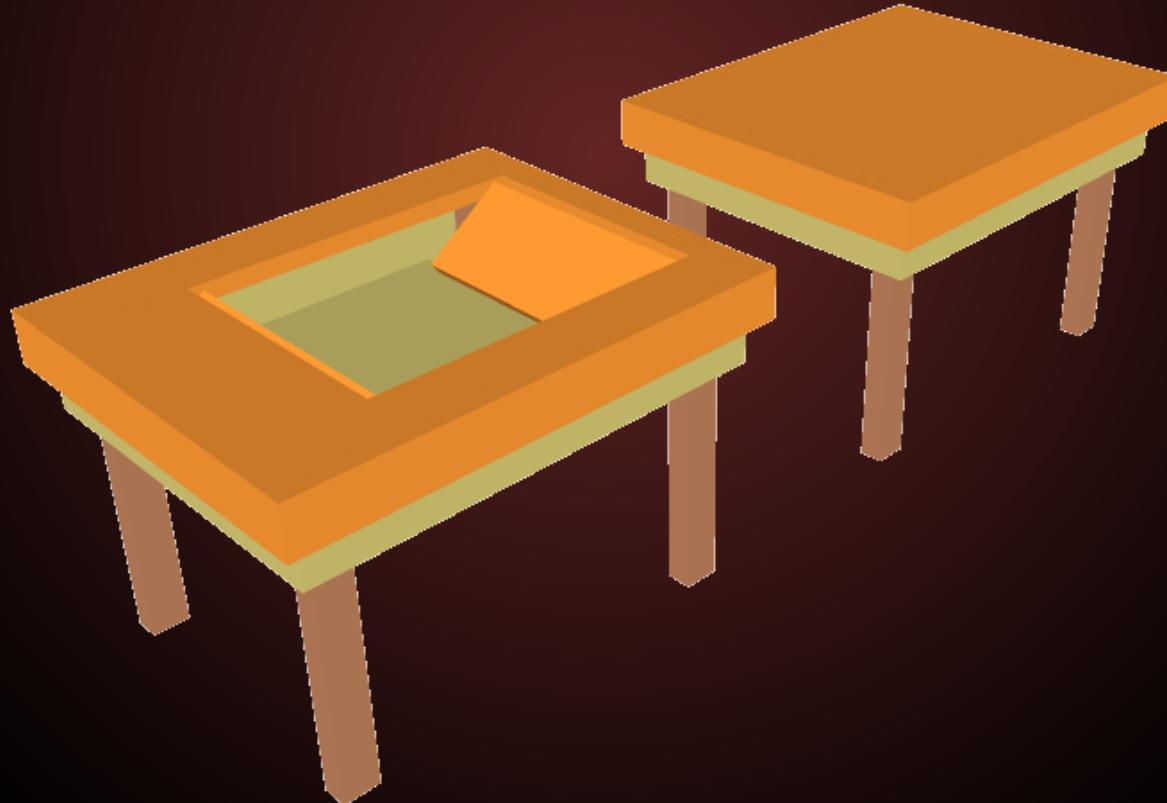
Montrer que les tables ne sont pas creuses



# 4- Déroulement précis

## Informations clés de notre tour

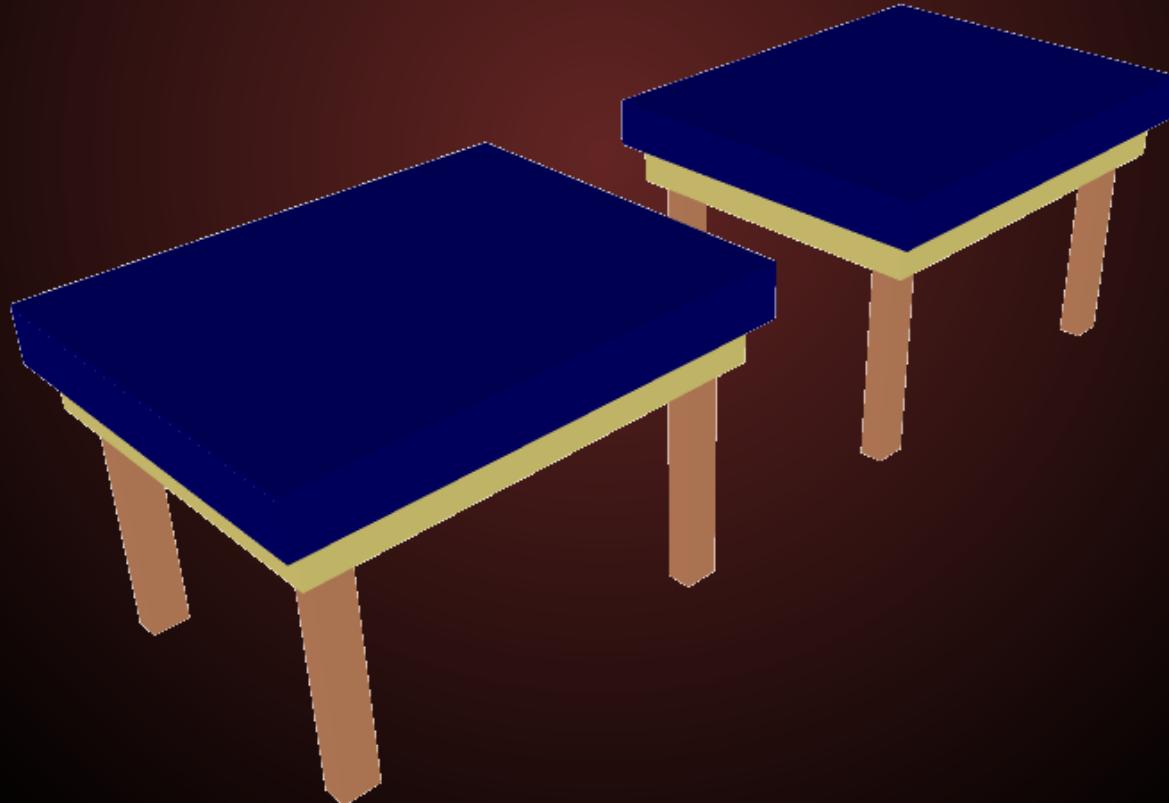
Montrer que les tables ne sont pas creuses



# 4- Déroulement précis

## Informations clés de notre tour

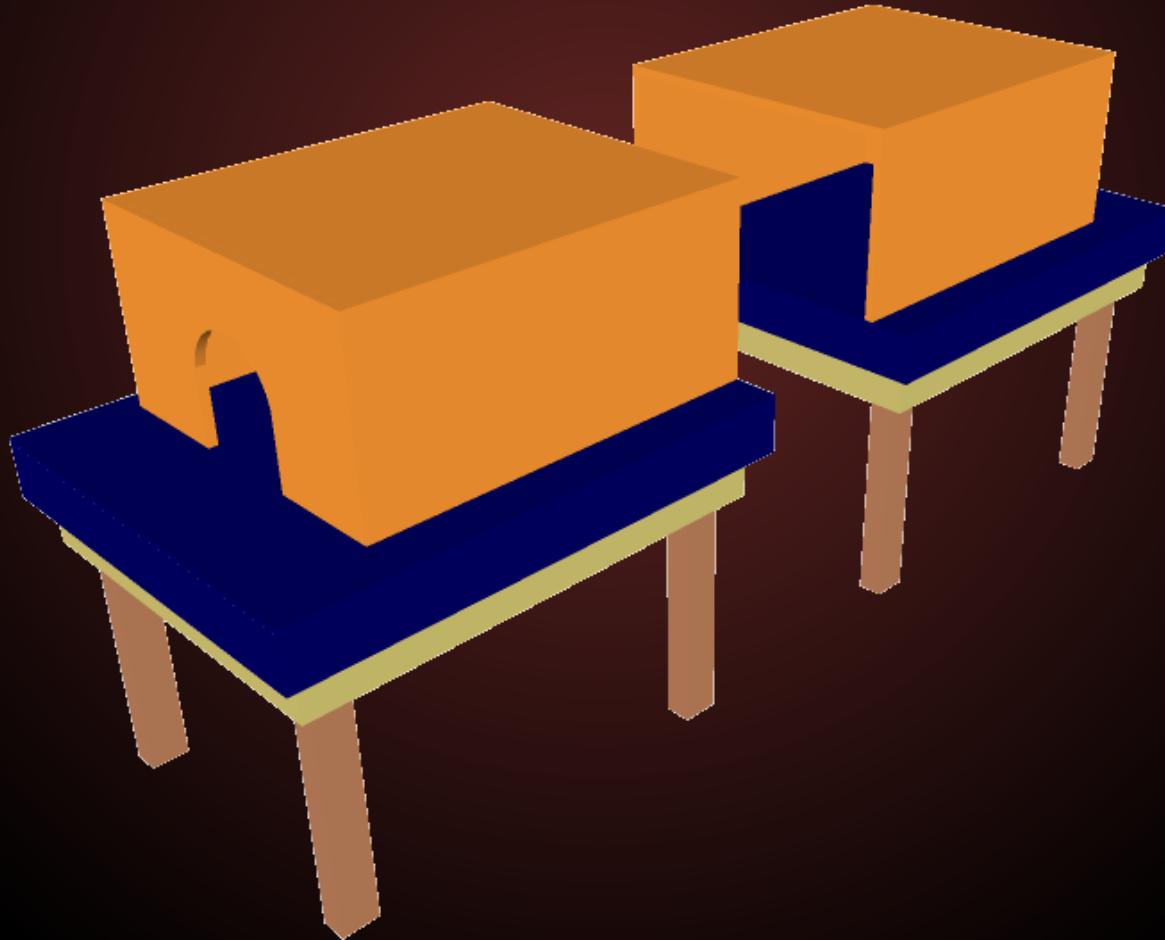
Montrer que les tables ne sont pas creuses



# 4- Déroulement précis

**Informations clés de notre tour**

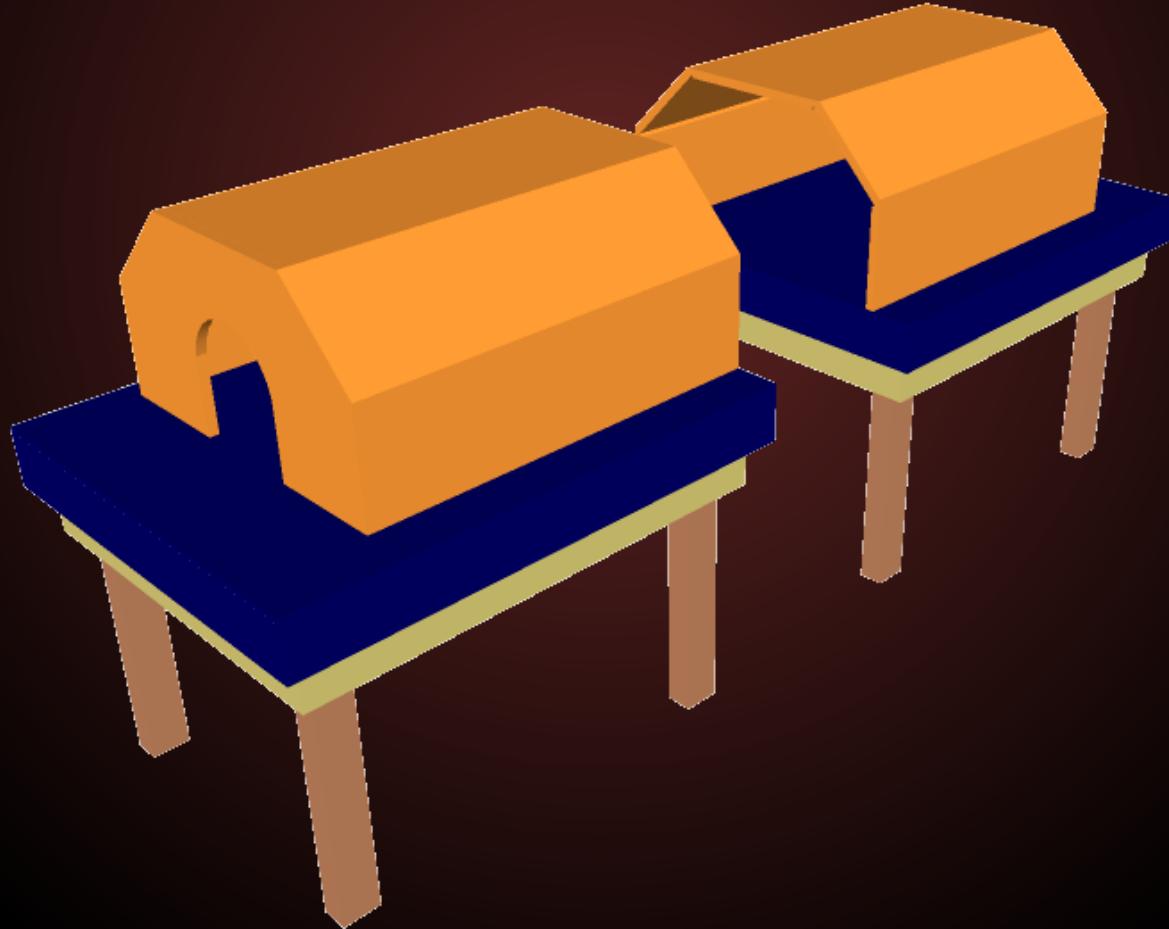
**Montrer qu'il n'y a pas la place pour se cacher**



# 4- Déroulement précis

**Informations clés de notre tour**

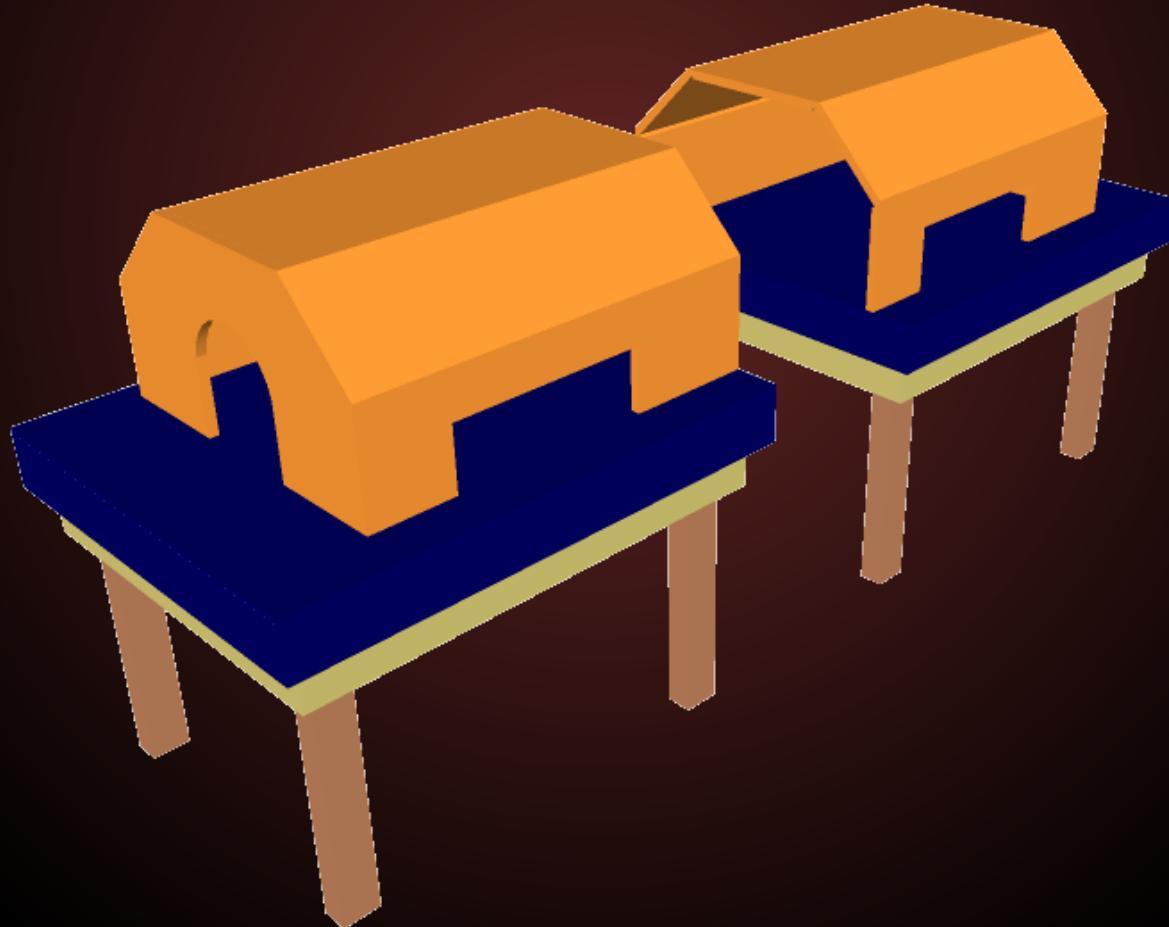
**Montrer qu'il n'y a pas la place pour se cacher**



# 4- Déroulement précis

**Informations clés de notre tour**

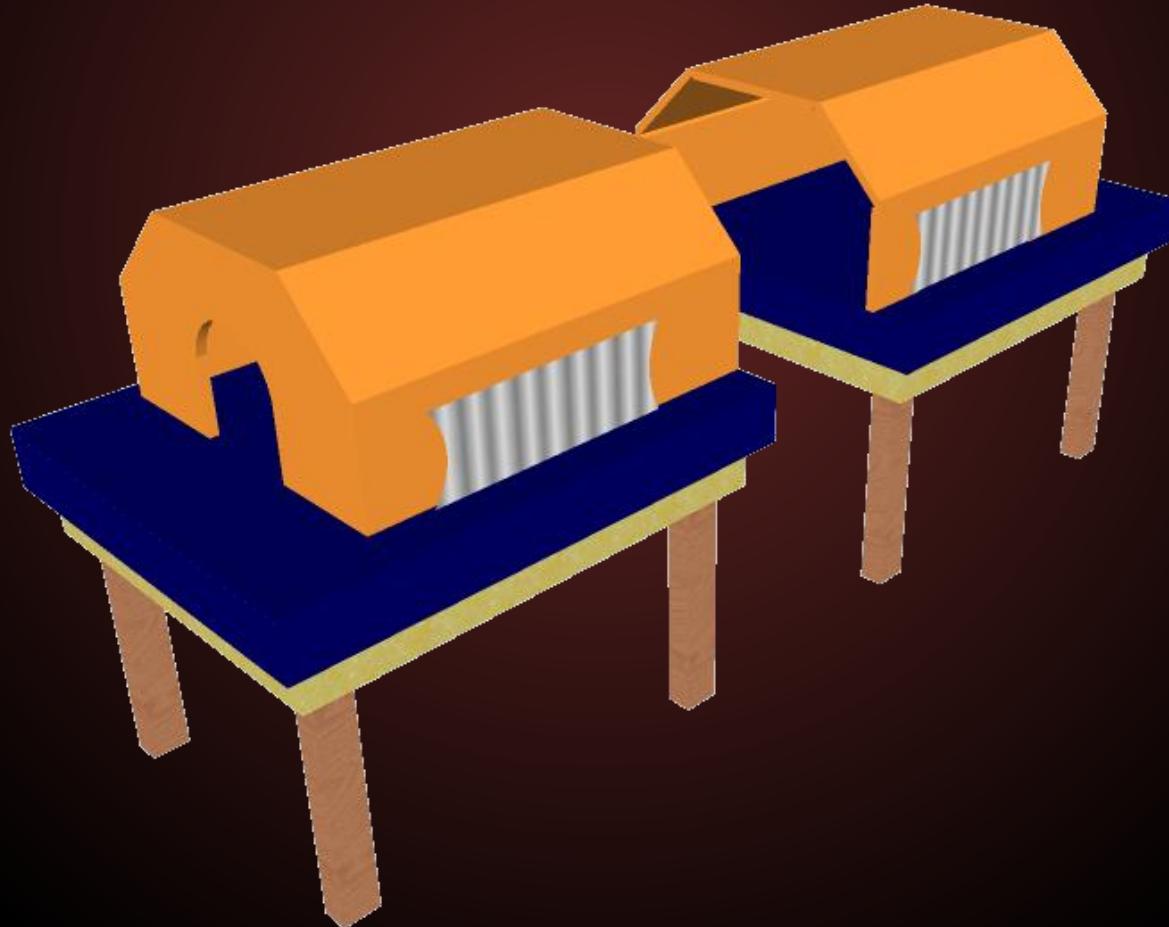
**Montrer que le corps est dans ses caissons**



# 4- Déroulement précis

**Informations clés de notre tour**

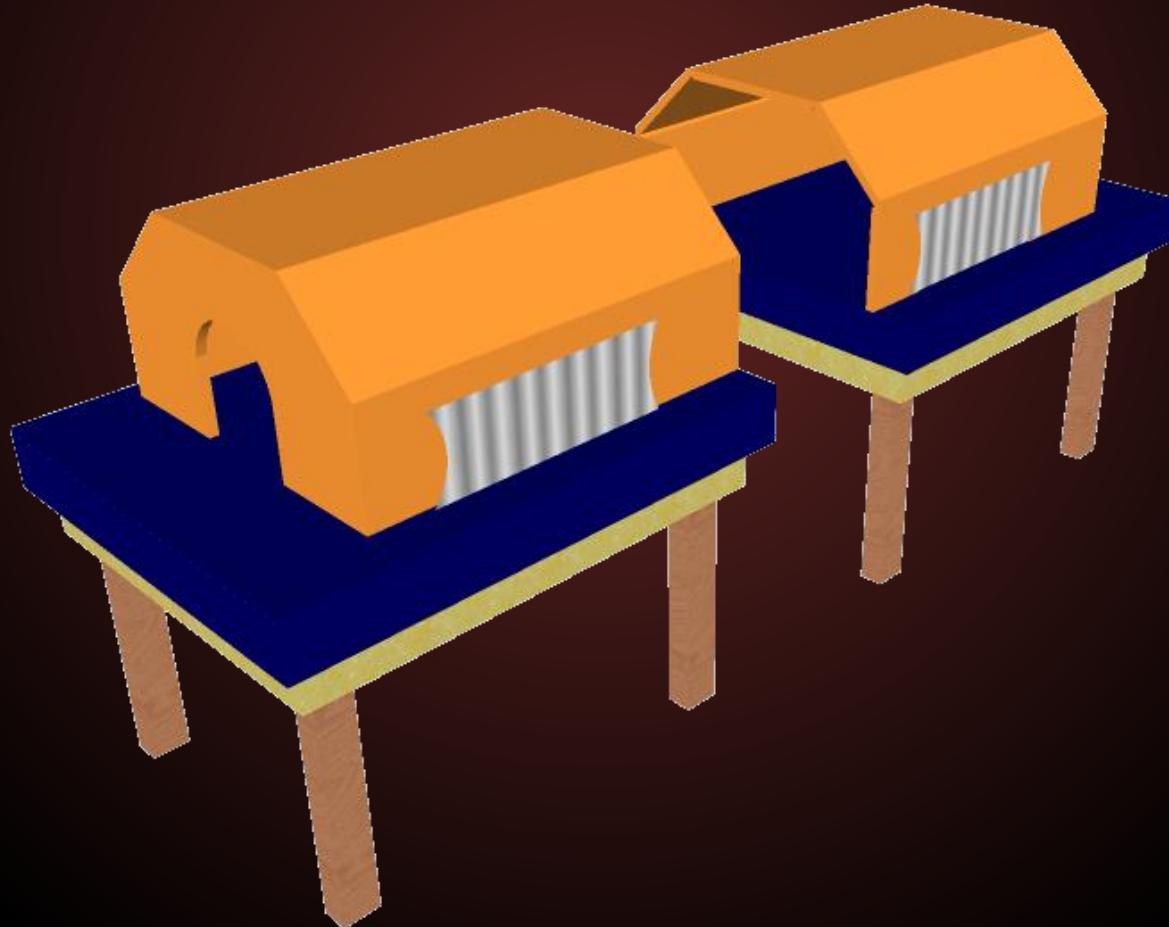
**Montrer que le corps est dans ses caissons**



# 4- Déroulement précis

**Informations clés de notre tour**

**Montrer que le corps est dans ses caissons**



# 4- Déroulement précis

## Suite d'actions

Deux types d'action :

- **Actions publiques : mouvements visibles**
- **Actions secrètes : mouvements dissimulés**

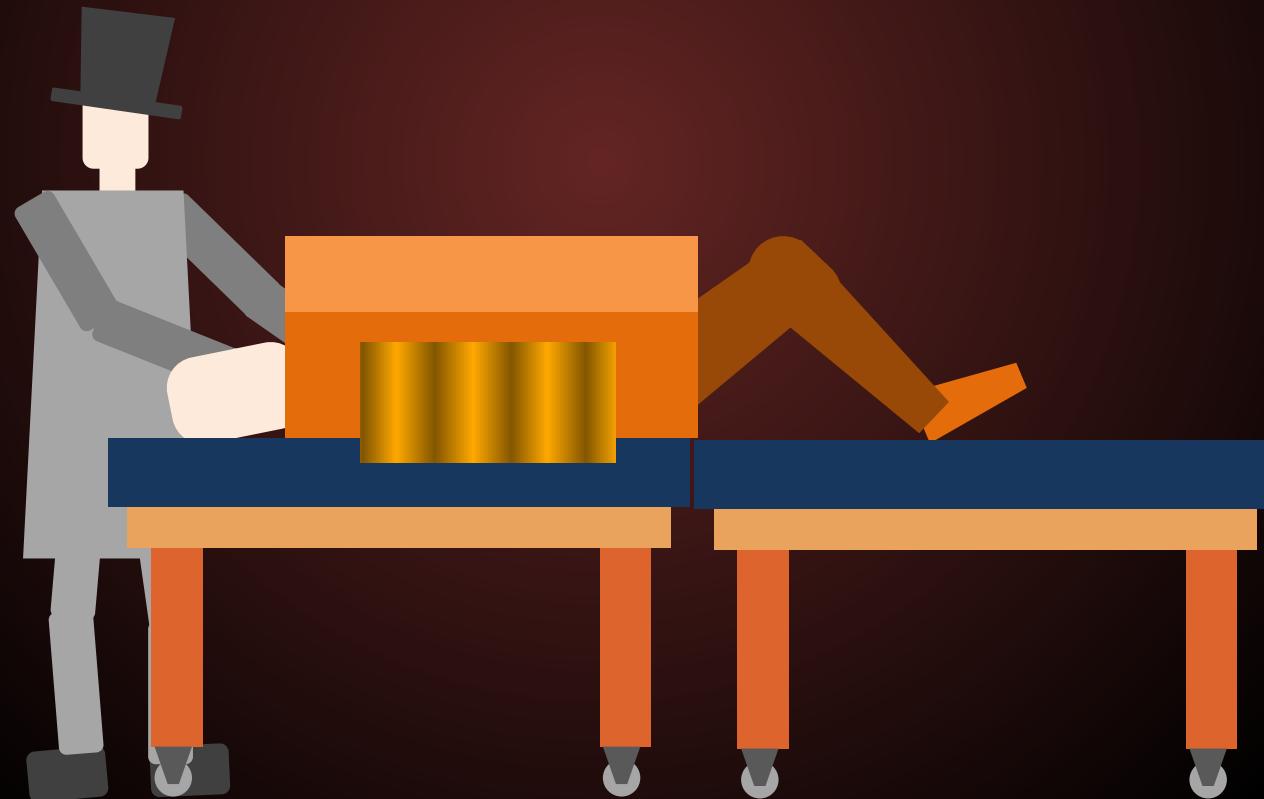
# 4- Déroulement précis

**1) La personne s'allonge sur la table.**



# 4- Déroulement précis

**2) Le magicien pose les caissons.**



## 4- Déroulement précis

**2) Le magicien pose les caissons.**

**Les faux pieds se mettent en position de sortie. (mode 1)**



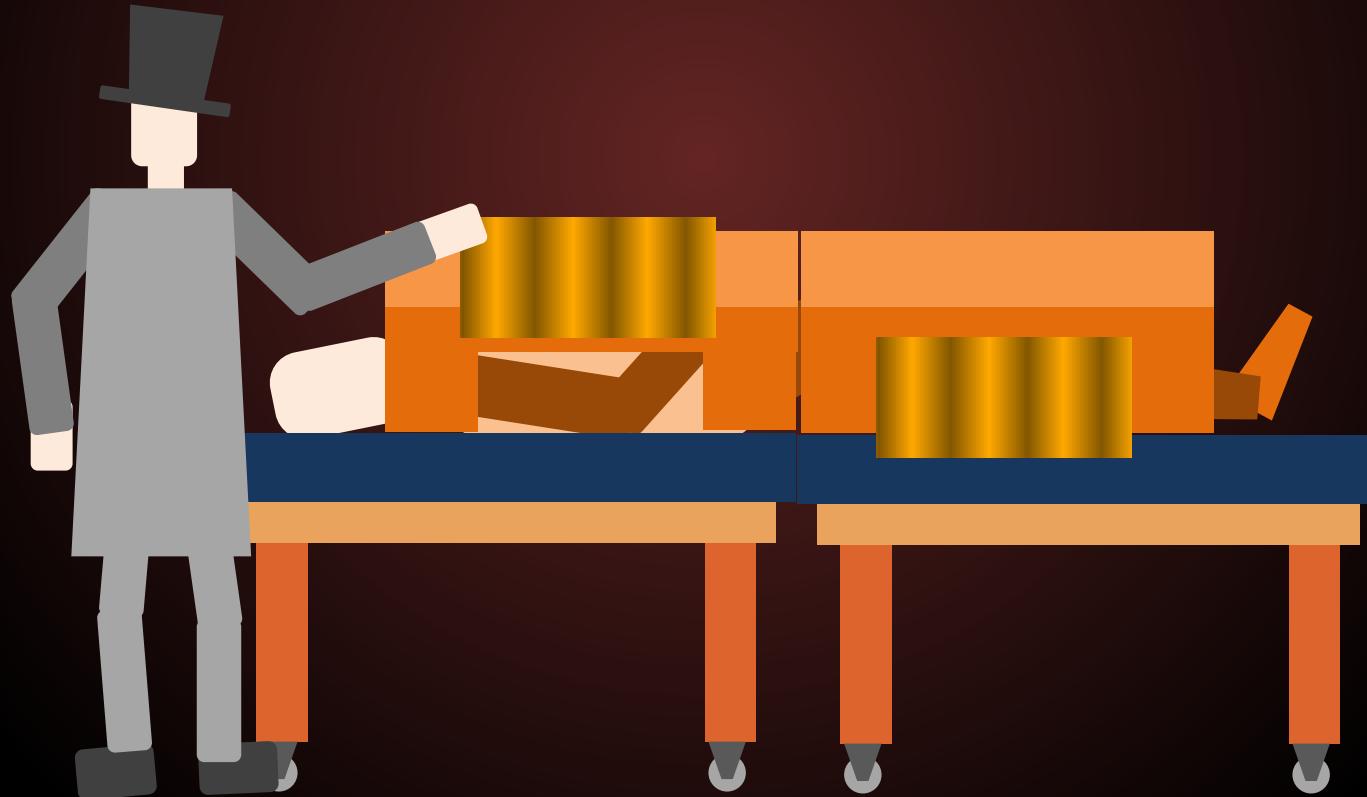
## 4- Déroulement précis

**2) Le magicien pose les caissons.**  
**Une fois sortis, les pieds bougent de manière vivante. (mode 2)**



# 4- Déroulement précis

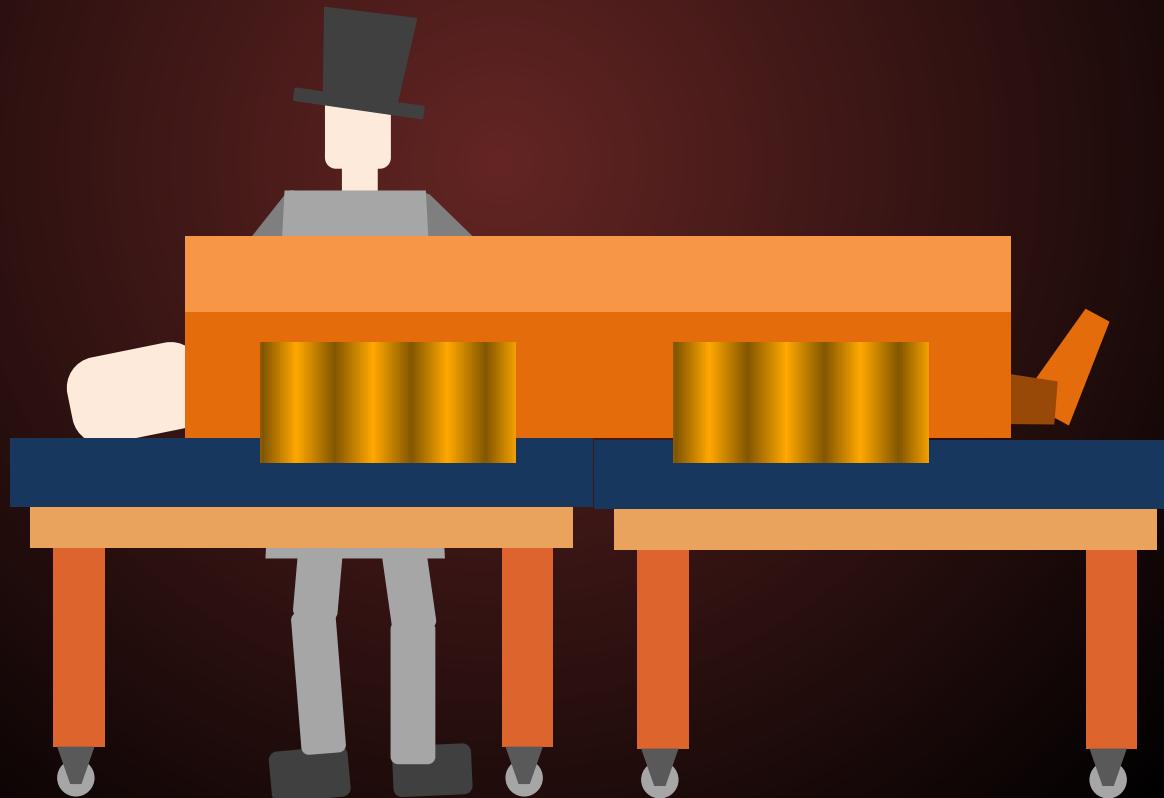
**3) Le magicien soulève le rideau supérieur.**



# 4- Déroulement précis

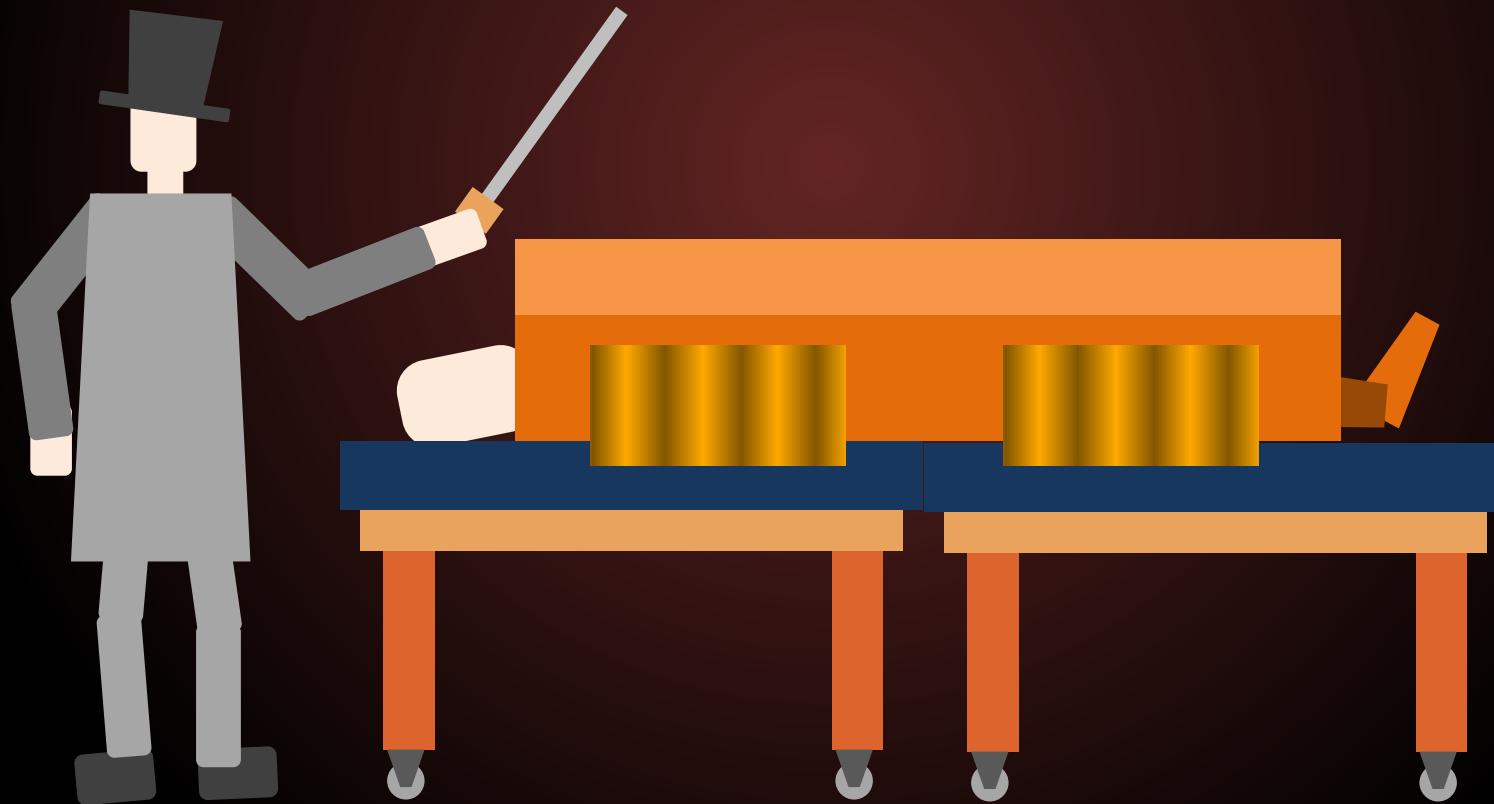
**4) L'assistant est bien vivant.**

**Le magicien déverrouille les volets du double-fond.**



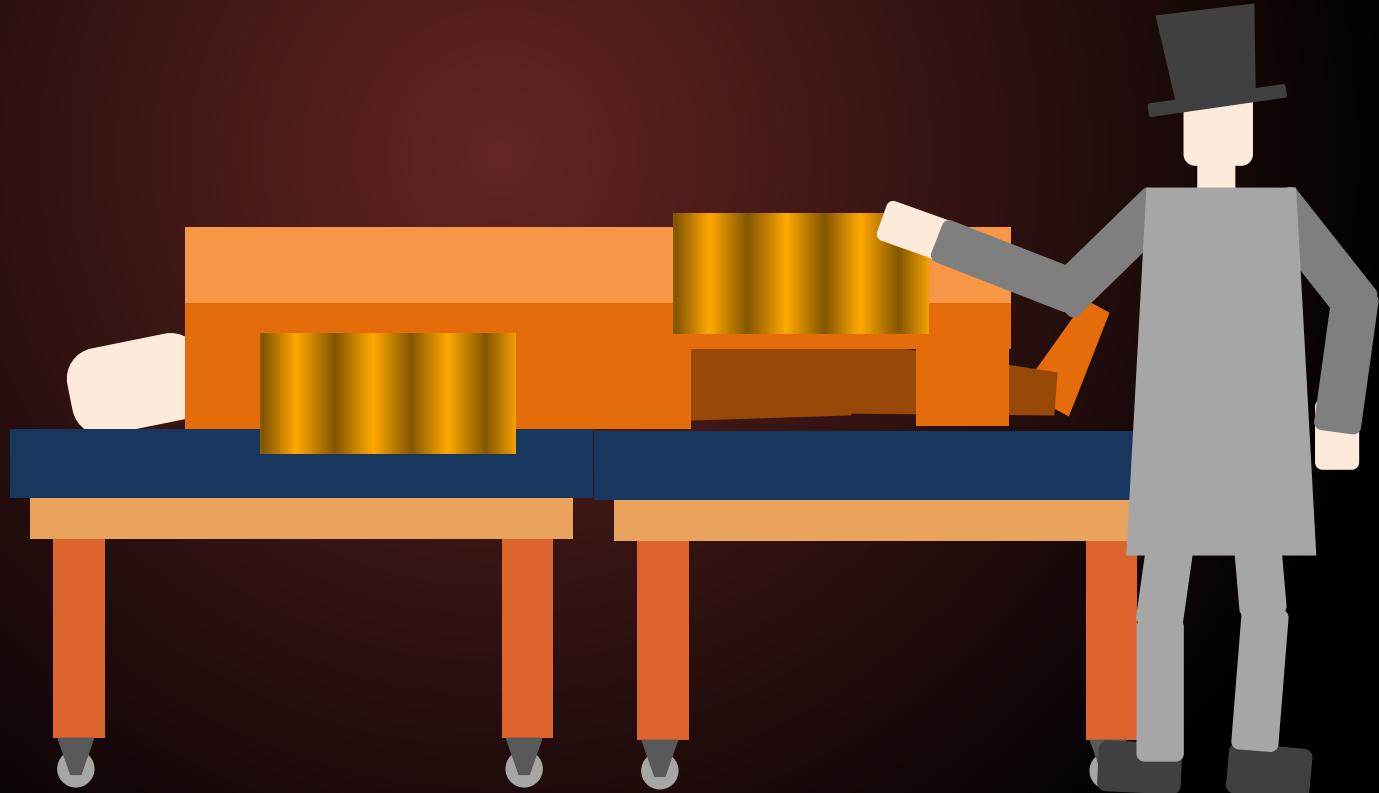
## 4- Déroulement précis

**5) Le magicien montre la solidité des lames.  
L'assistant rentre dans le double-fond.**



## 4- Déroulement précis

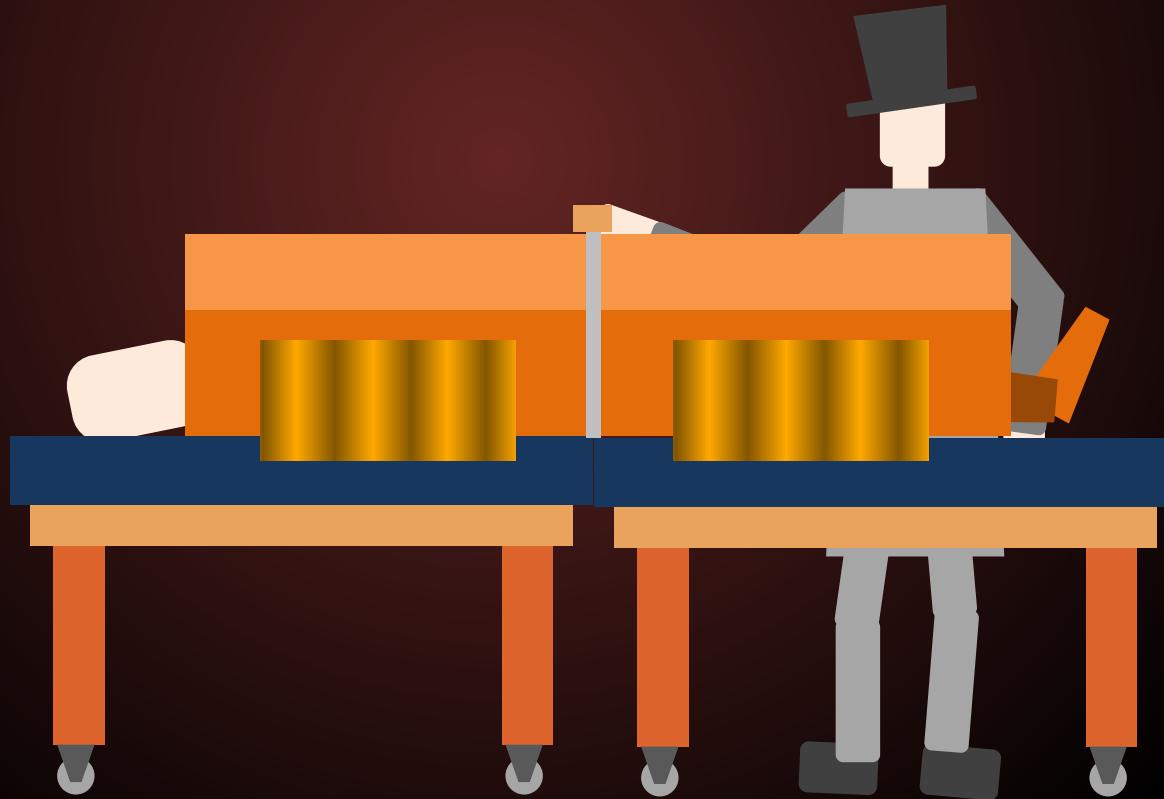
**6) Le magicien soulève le deuxième rideau.  
Le magicien montre la fausse jambe.**



## 4- Déroulement précis

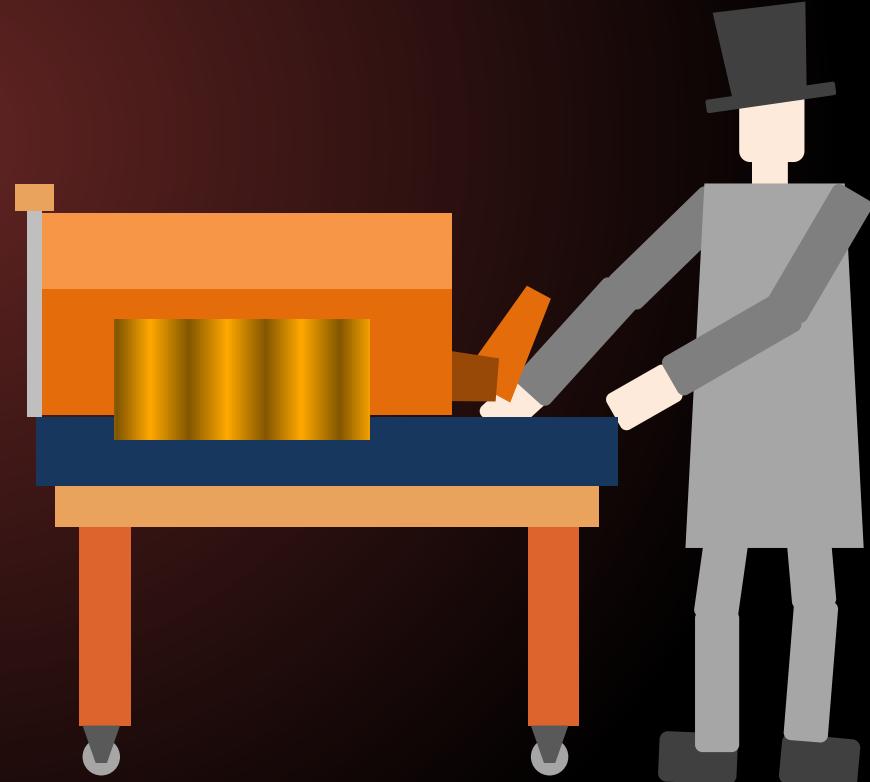
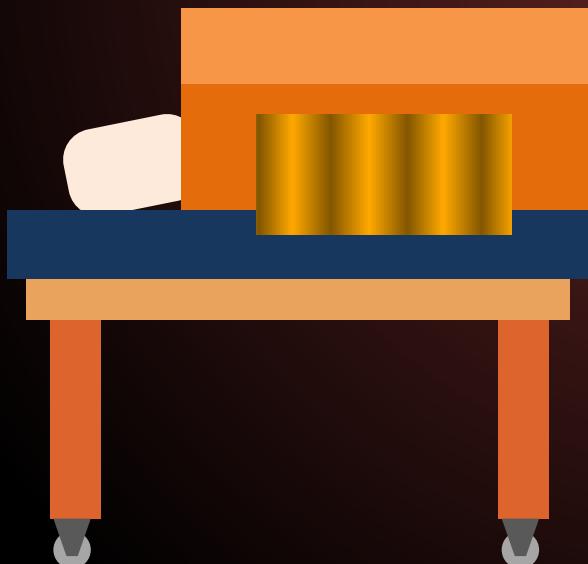
7) Le magicien coupe la personne.

Les pieds bougent comme s'ils mourraient.  
(mode 3)



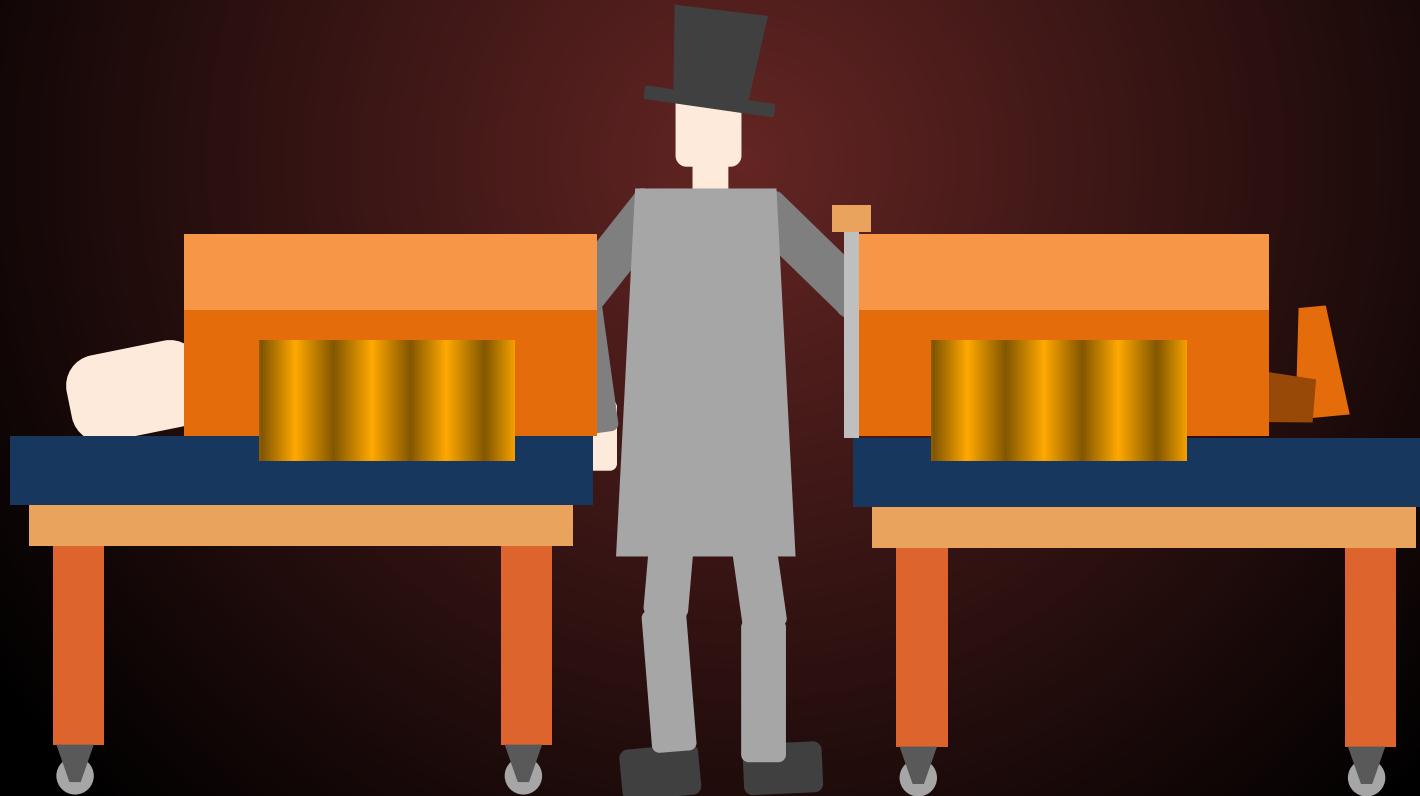
# 4- Déroulement précis

## 8) Le magicien sépare les tables. Les pieds sont morts. (mode 3)



# 4- Déroulement précis

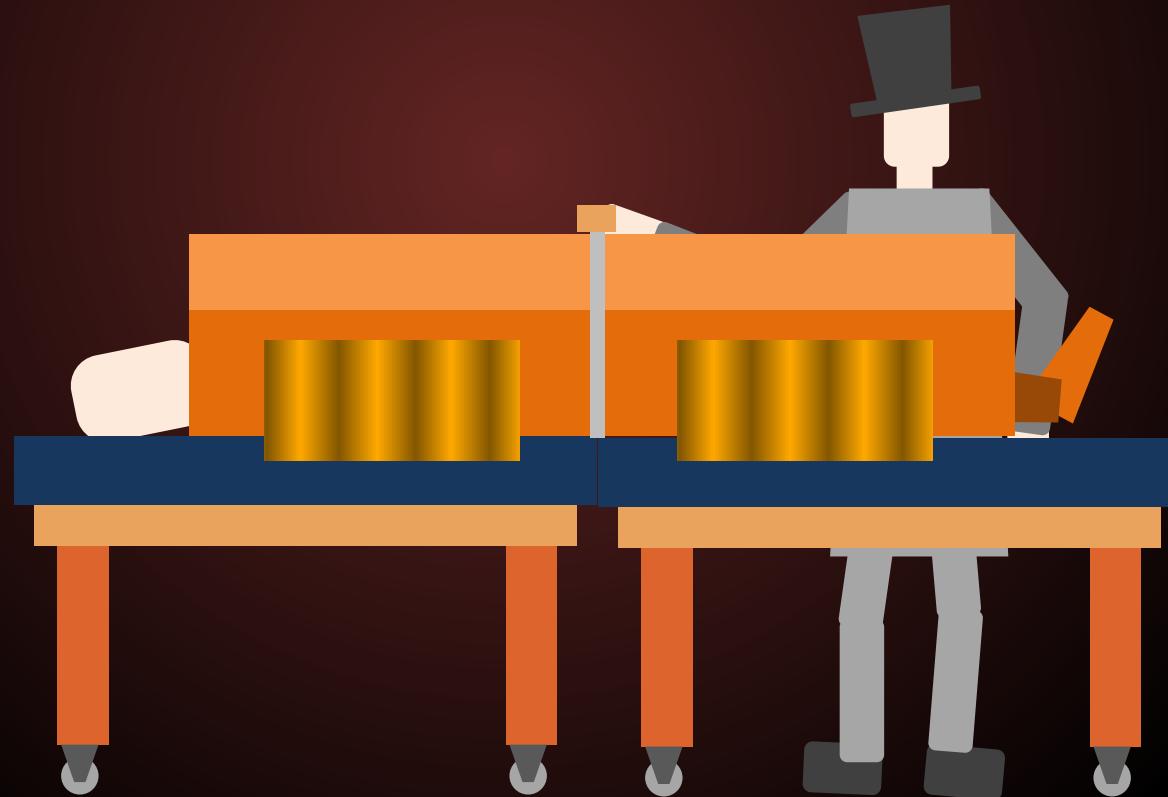
**9) L'assistant est toujours vivant.  
Les pieds s'agitent. (mode 4)**



## 4- Déroulement précis

**10) Le magicien recolle les tables et enlève les lames.**

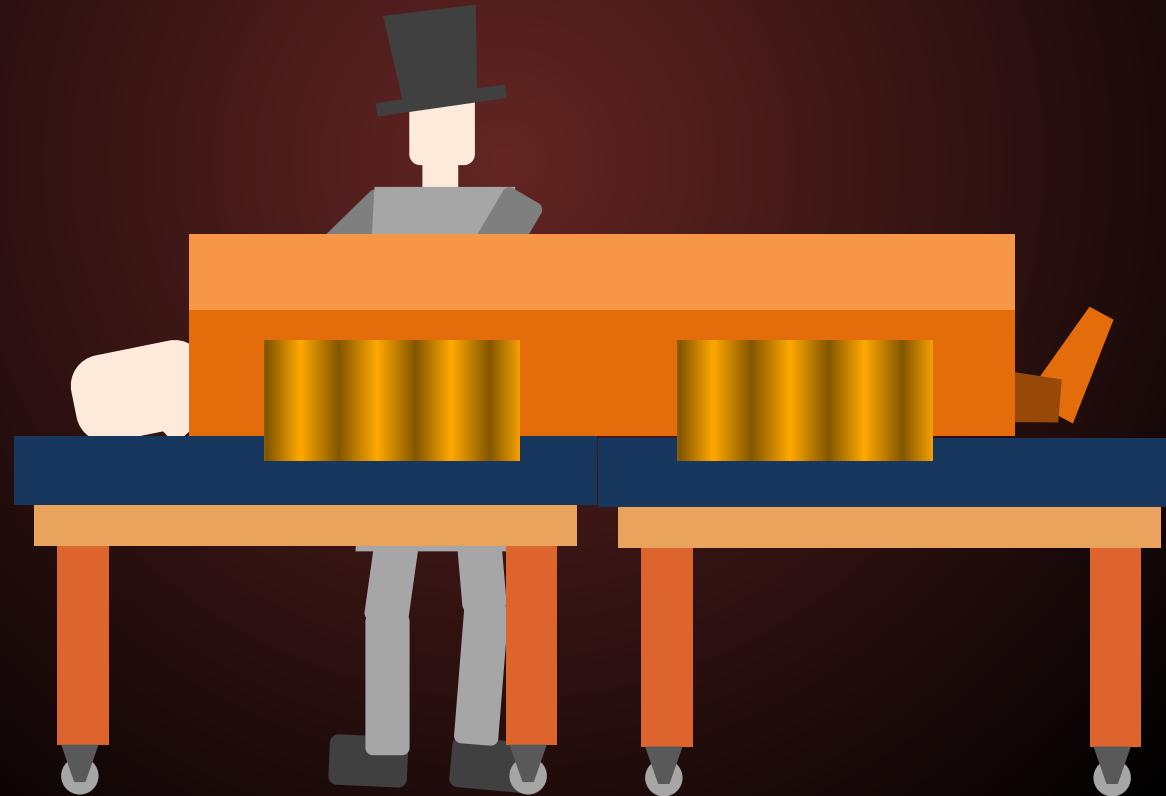
**L'assistant se repositionne.**



## 4- Déroulement précis

**10) Le magicien recolle les tables et enlève les lames.**

**Le magicien verrouille les volets.**



## 4- Déroulement précis

### 11) Le magicien enlève les caissons.



## 4- Déroulement précis

**11) Le magicien enlève les caissons.**  
**Le magicien fait rentrer les faux pieds.**



# 4- Déroulement précis

**La personne est indemne.**



# Conception du tour

## Étapes de conception d'un tour de magie

- 1) Choix de l'effet magique
- 2) Recherches sur l'état de l'art
- 3) Sélection de la solution technique
- 4) Description précise du déroulement
- 5) Conception des plans techniques
- 6) Réalisation du dispositif final

# 5- Conception des plans

## Exigences et fonctions

Donner l'illusion de couper en deux une personne

Séparer les deux tables

Voir les extrémités en mouvement

# 5- Conception des plans

## Exigences et fonctions

**Donner l'illusion de couper en deux une personne**

Séparer les deux tables

Voir les extrémités en mouvement

Utiliser un double-fond pour cacher la personne.

Avoir des pieds électroniques donnant un aspect vivant

**Construire l'ensemble de la grande illusion en prenant en compte l'implantation d'un double-fond**

**Créer des faux pieds réalistes en les animant à travers une interface ARDUINO qui contrôle l'état des pieds.**

# 5- Conception des plans

## Conception de la partie mécanique

### Études de faisabilité

**La personne peut-elle se loger dans une seule table sans double-fond ?**

**Quelles sont les dimensions minimales pour pouvoir se cacher dans une seule table ?**

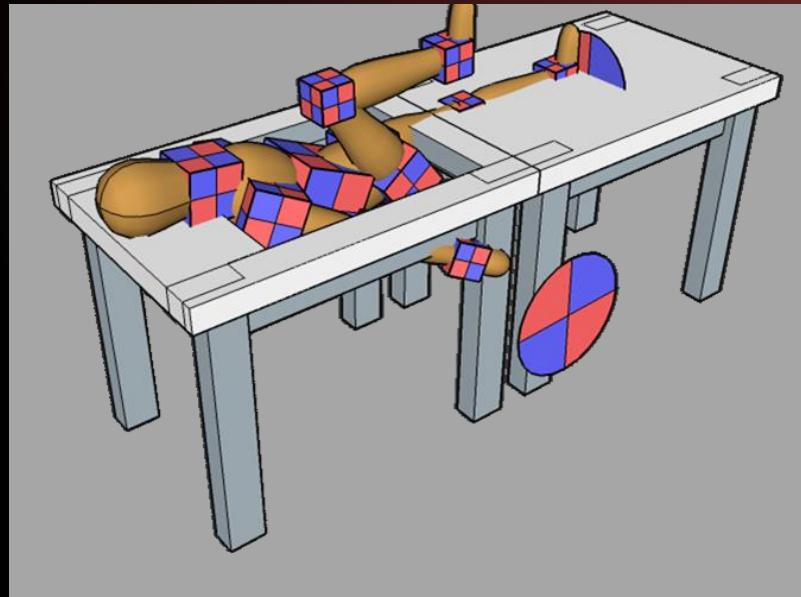
**Quelles parties du corps auront besoin de se loger dans le double-fond ?**

# 5- Conception des plans

## Conception de la partie mécanique

### Études de faisabilité

Outil informatique



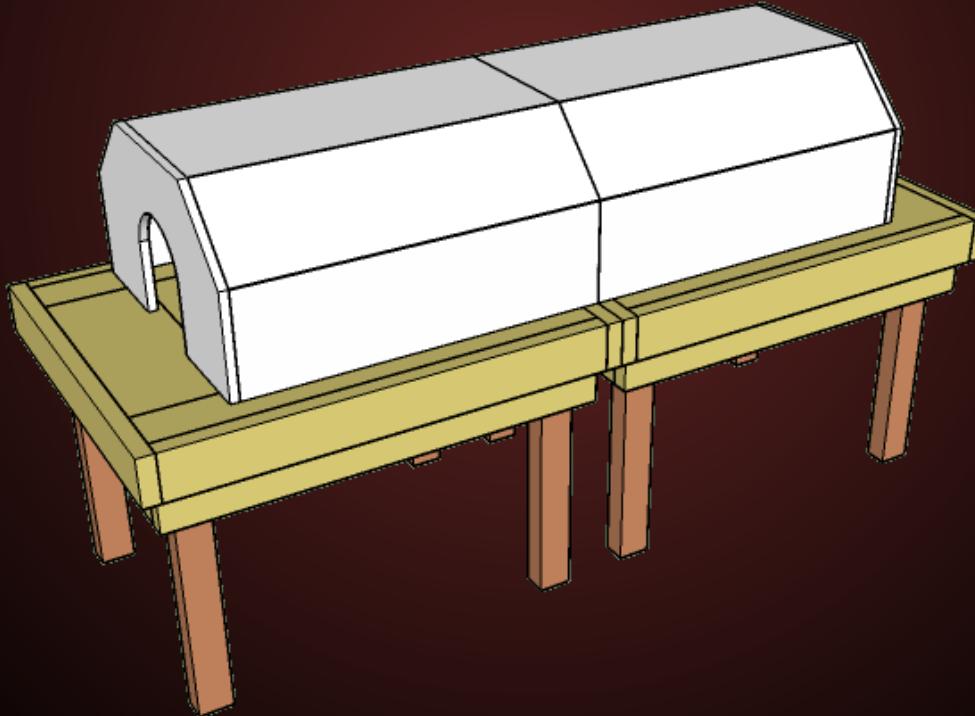
Étude grandeur nature



# 5- Conception des plans

## Conception de la partie mécanique

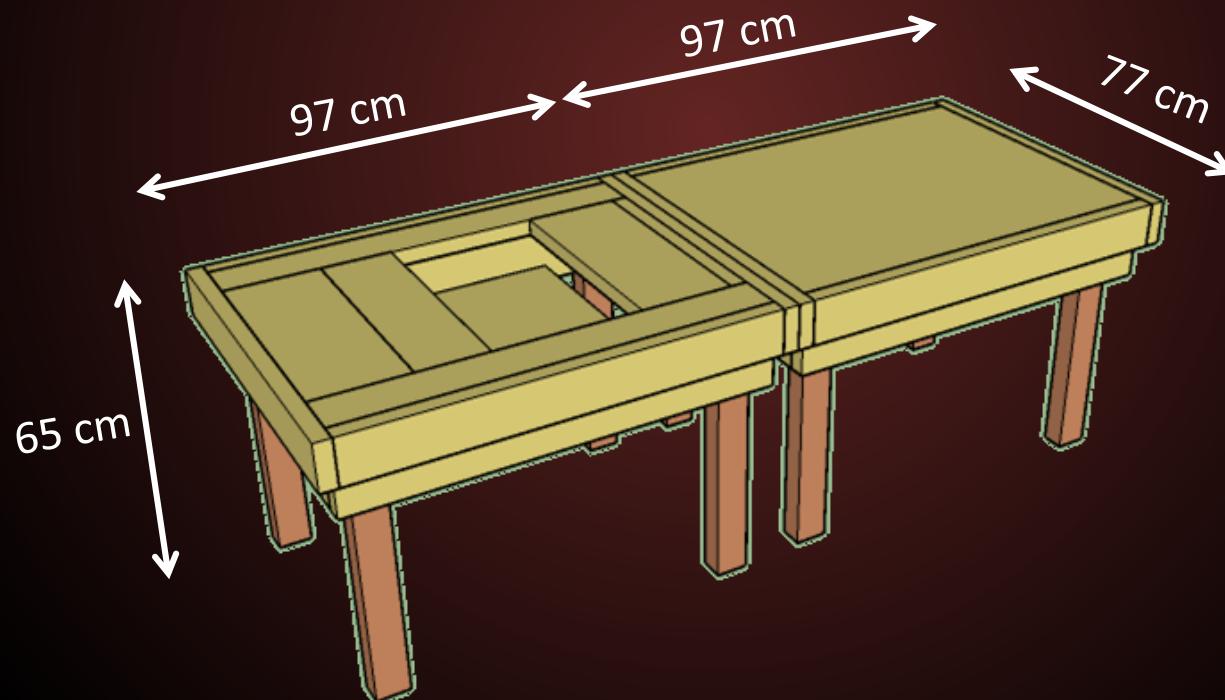
Plans et dimensions



# 5- Conception des plans

## Conception de la partie mécanique

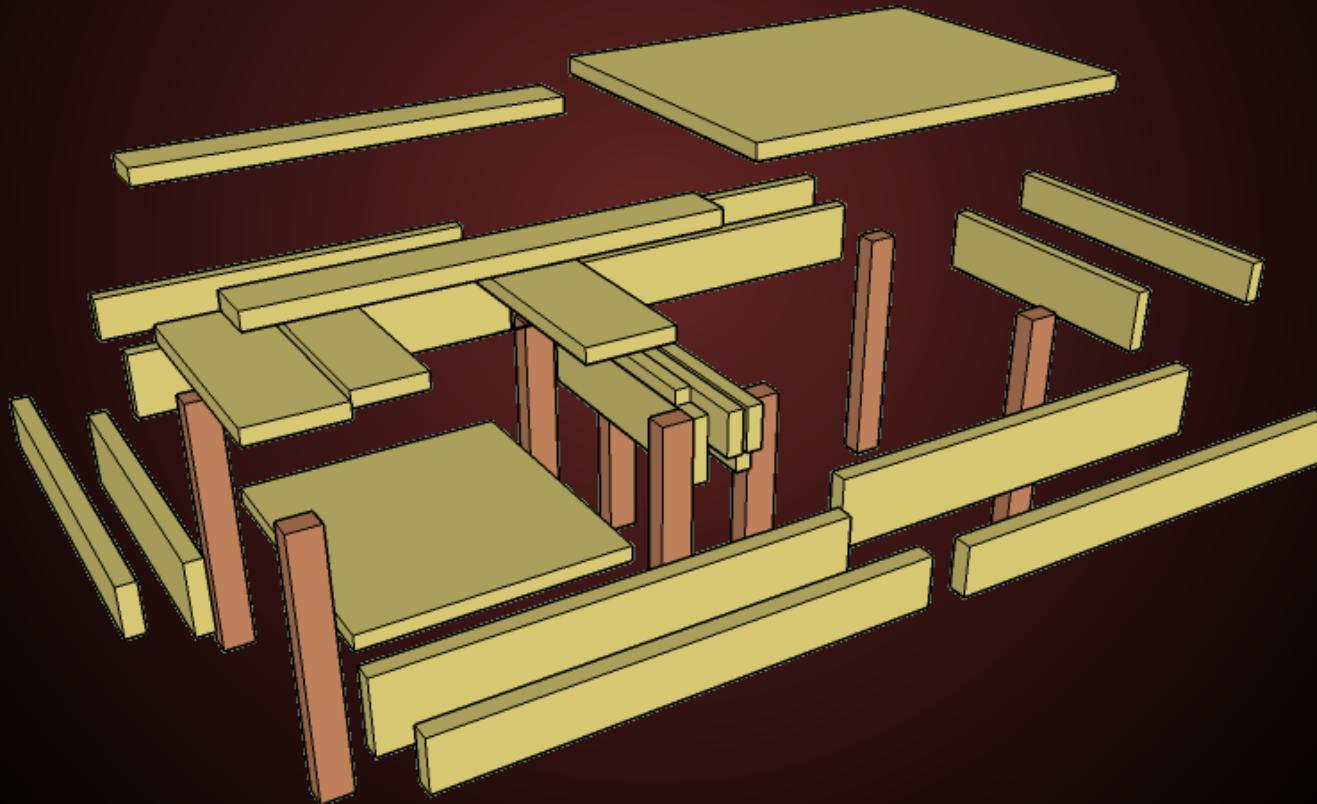
### Plans et dimensions



# 5- Conception des plans

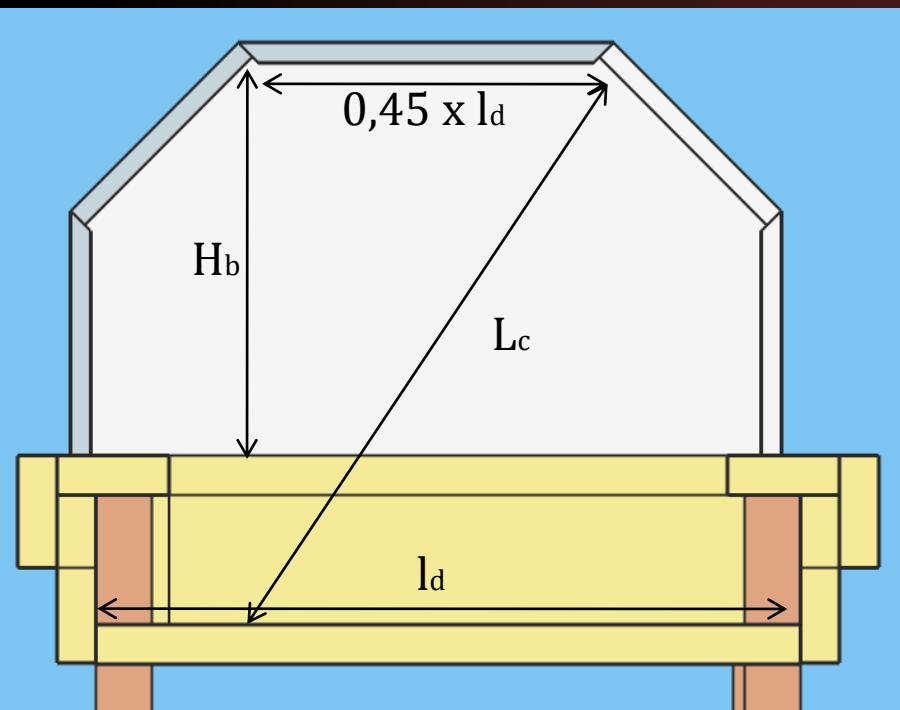
## Conception de la partie mécanique

### Plans et dimensions



# 5- Conception des plans

## Consignes d'adaptation



$$H_d = 15 \text{ cm}$$

Pythagore :

$$(0.45 * l_d)^2 + (H_b + 15)^2 = L_c^2$$

2<sup>nd</sup> degré :

$$H_b^2 + 2 * 15 * H_b + 15^2 + (0.45 * l_d)^2 - L_c^2 = 0$$

$$H_b = \sqrt{L_c^2 - (0.45 * l_d)^2} - 15$$

# 5- Conception des plans

## Consignes d'adaptation

Dimensions utiles :

- Hauteur :  $H_m$

- Longueur du dos :  $L_m$

- Largeur d'épaule :  $l_e$

- Longueur de la cuisse :  $L_c$

- Pour la table :

$$L_t = \frac{1.1 * H_m}{2}$$

$$l_t = 1.25 * l_e + 30$$

$$H_t = 64\text{cm}$$

- Pour le double-fond :

$$L_d = L_m + 5$$

$$l_d = 1.15 * l_e$$

$$H_d = 15\text{cm}$$

- Pour la boîte :

$$l_b = 1.25 * l_e + 15$$

$$H_b = \sqrt{L_c^2 - (0.45 * l_d)^2} - 15$$

# 5- Conception des plans

## Conception de la partie électronique

### Études de faisabilité et choix

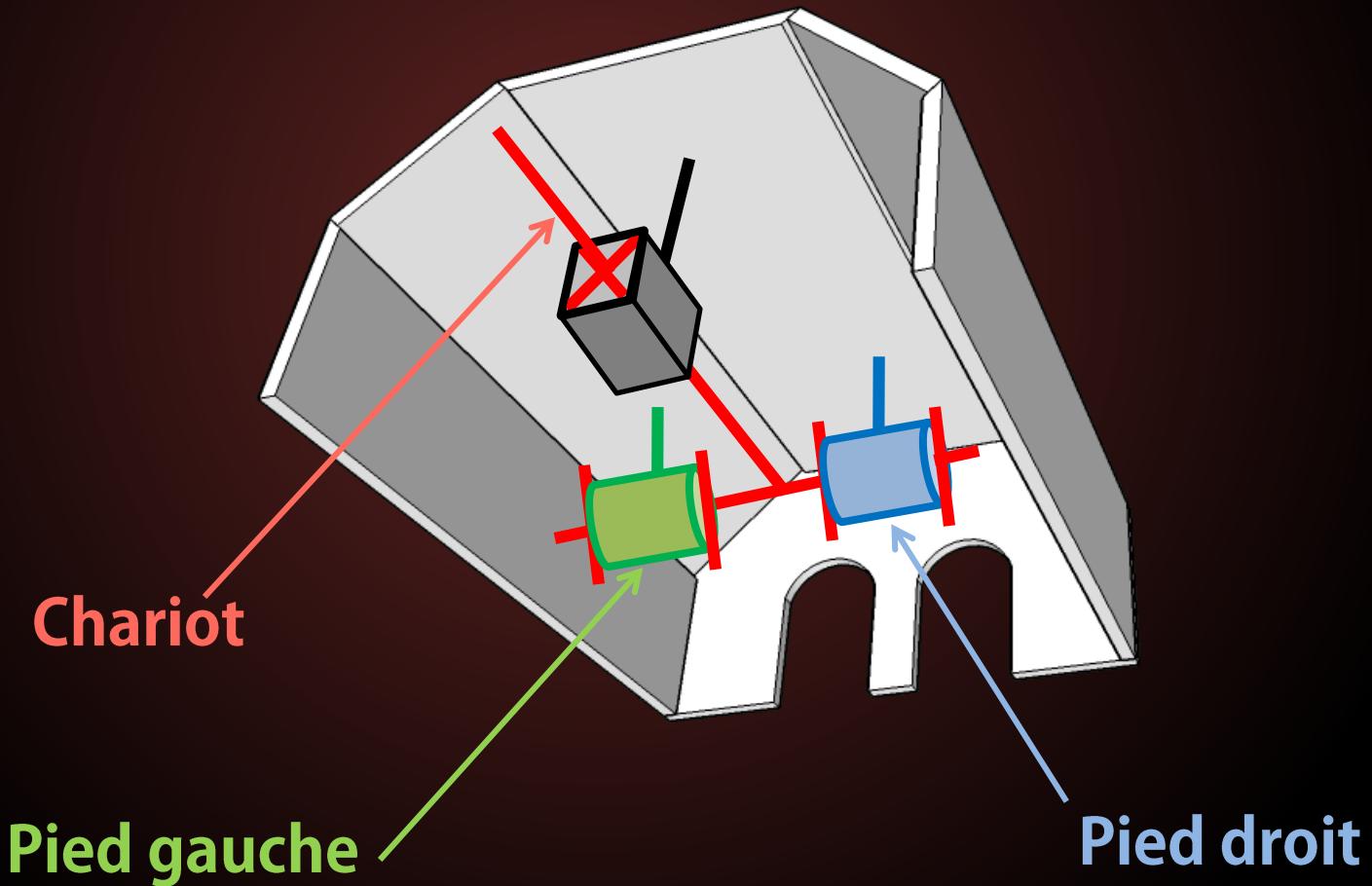
**Quels types de moteurs conviennent à l'étude  
qu'on veut faire ?**

**Des moteurs peuvent-ils imiter des pieds de manière  
réaliste ?**

**La sortie des pieds doit-elle être commandée  
mécaniquement ou électroniquement ?**

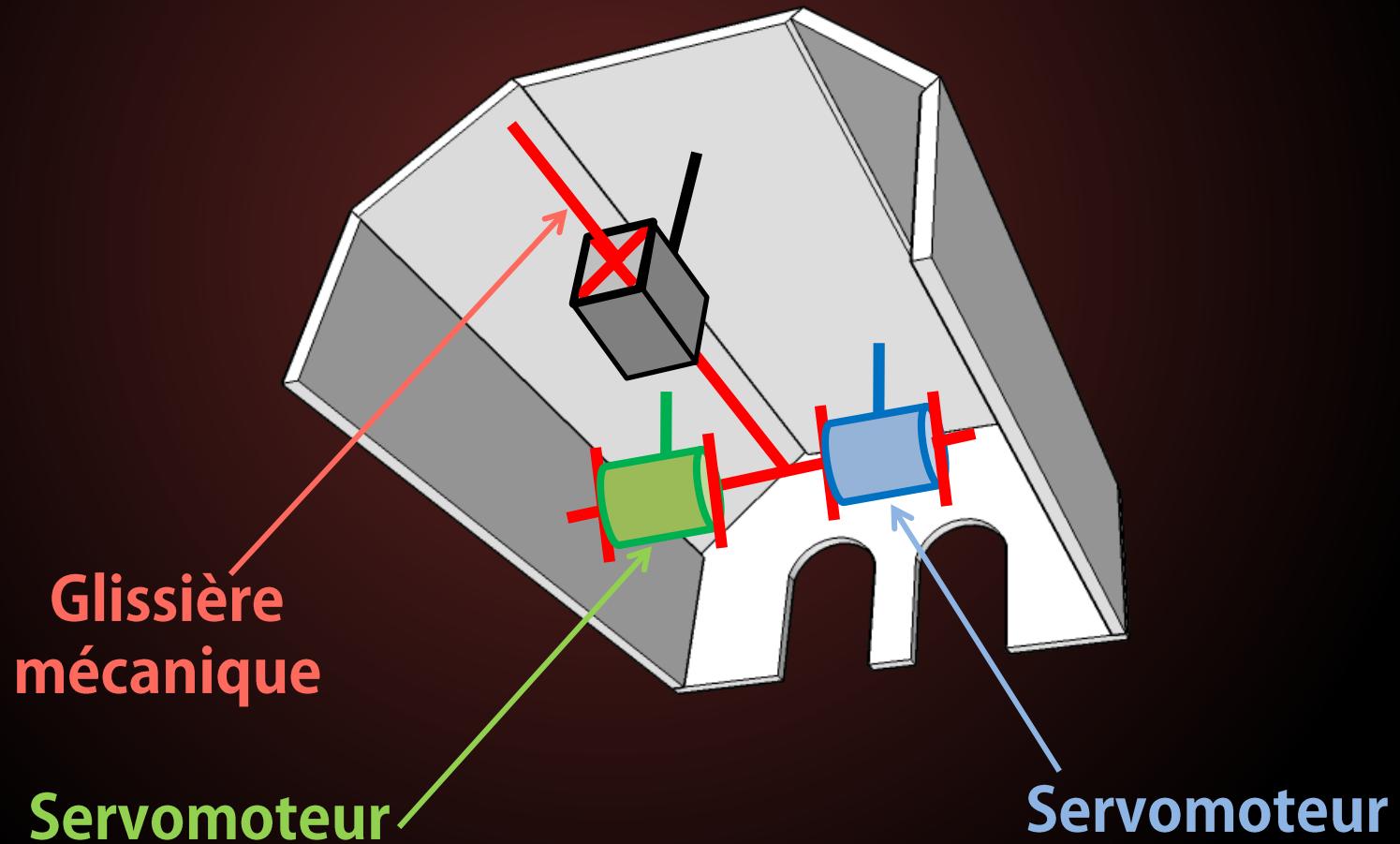
# 5- Conception des plans

## Conception de la partie électronique



# 5- Conception des plans

## Conception de la partie électronique



# 5- Conception des plans

## Conception de la partie électronique



**Jumbo Multiplex Digi**

**Praticité**

**Fonctionnement en PWM  
Utilise la bibliothèque Servo.h**

**Robustesse**

**Couple statique : 2,8 Nm  
Couple en mouvement : 2,3 Nm**

# 5- Conception des plans

## Modes de mouvement

- Mode 0 : par défaut
- Mode 1 : entrée/sortie caisson
- Mode 2 : vivant
- Mode 3 : mort
- Mode 4 : test

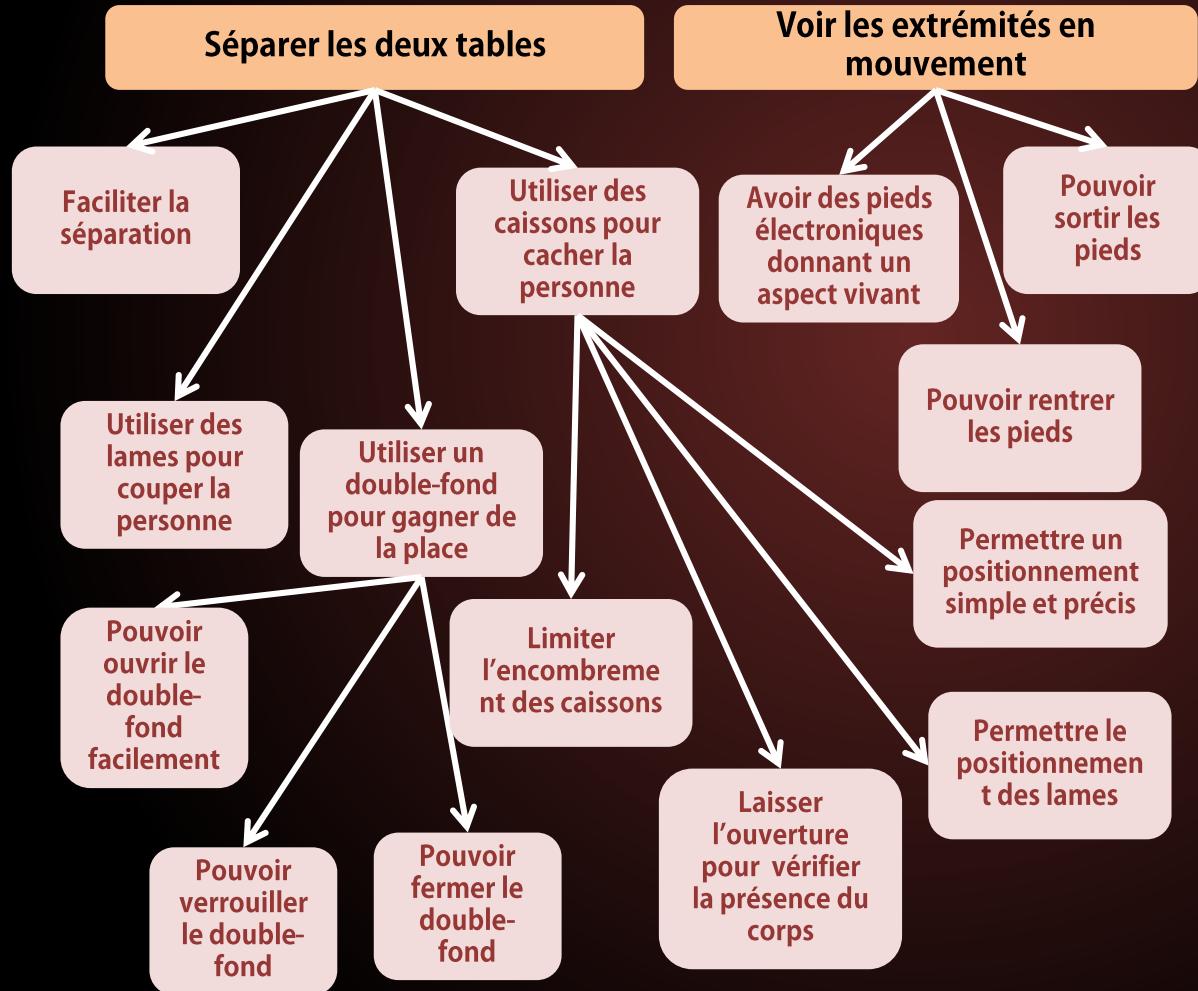
# Conception du tour

## Étapes de conception d'un tour de magie

- 1) Choix de l'effet magique
- 2) Recherches sur l'état de l'art
- 3) Sélection de la solution technique
- 4) Description précise du déroulement
- 5) Conception des plans techniques
- 6) Réalisation du dispositif final

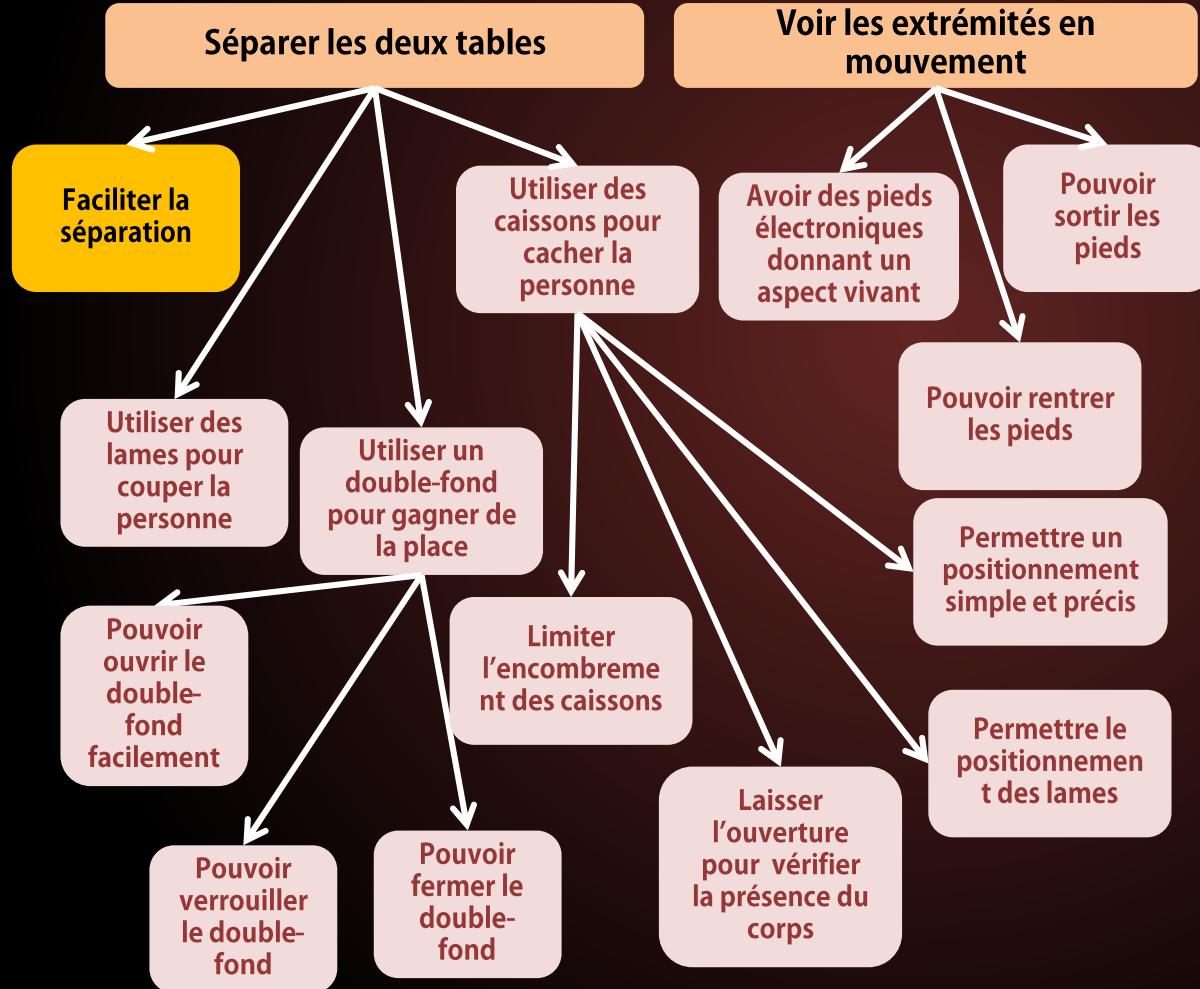
# 6- Réalisation

## Exigences et fonctions



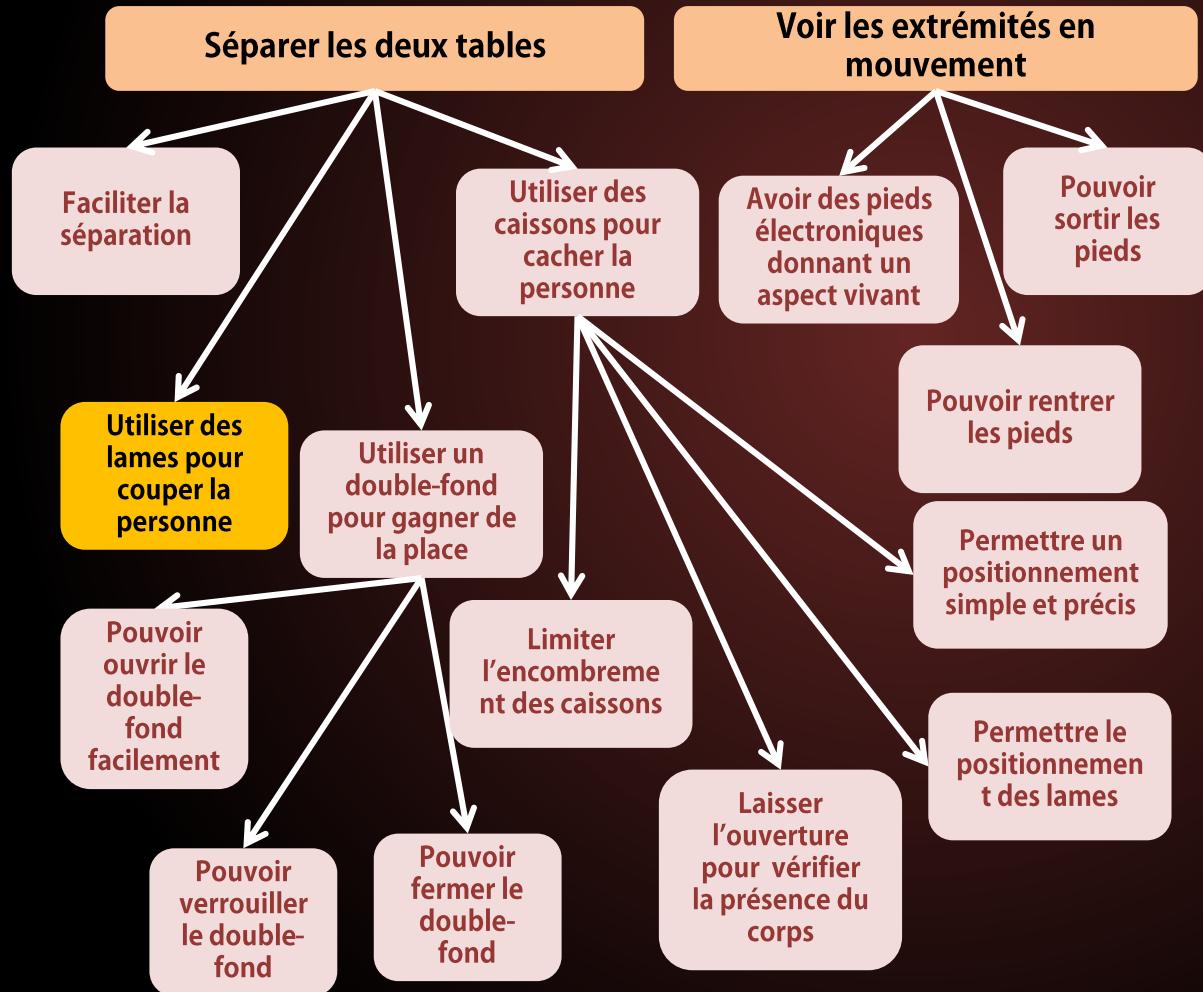
# 6- Réalisation

## Exigences et fonctions



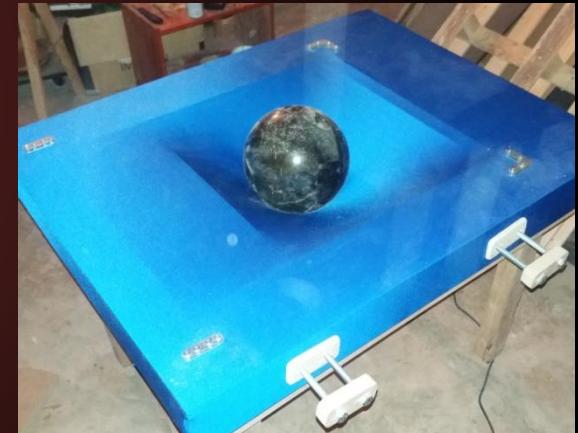
# 6- Réalisation

## Exigences et fonctions



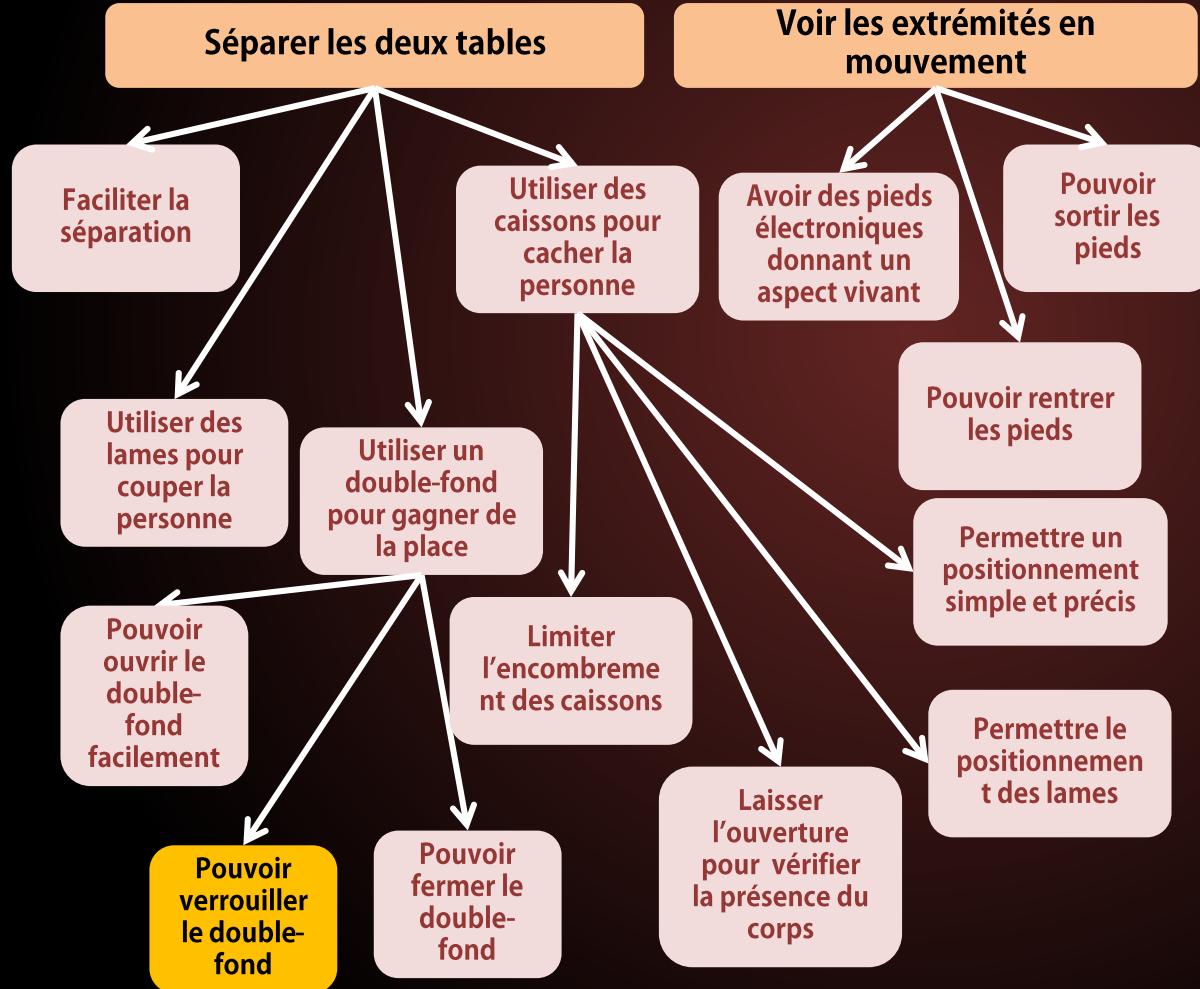
# 6- Réalisation

## Exigences et fonctions



# 6- Réalisation

## Exigences et fonctions



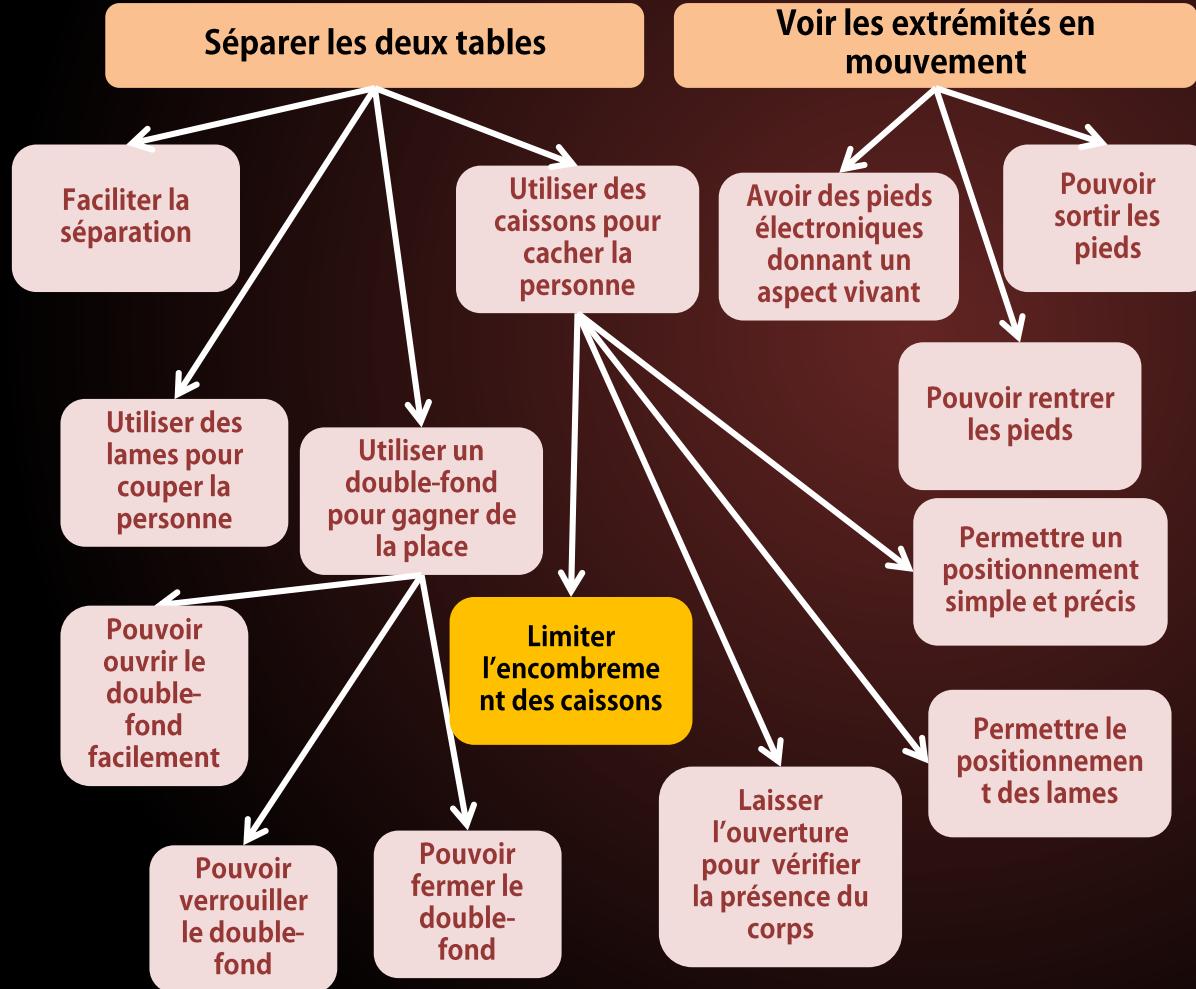
# 6- Réalisation

## Exigences et fonctions



# 6- Réalisation

## Exigences et fonctions



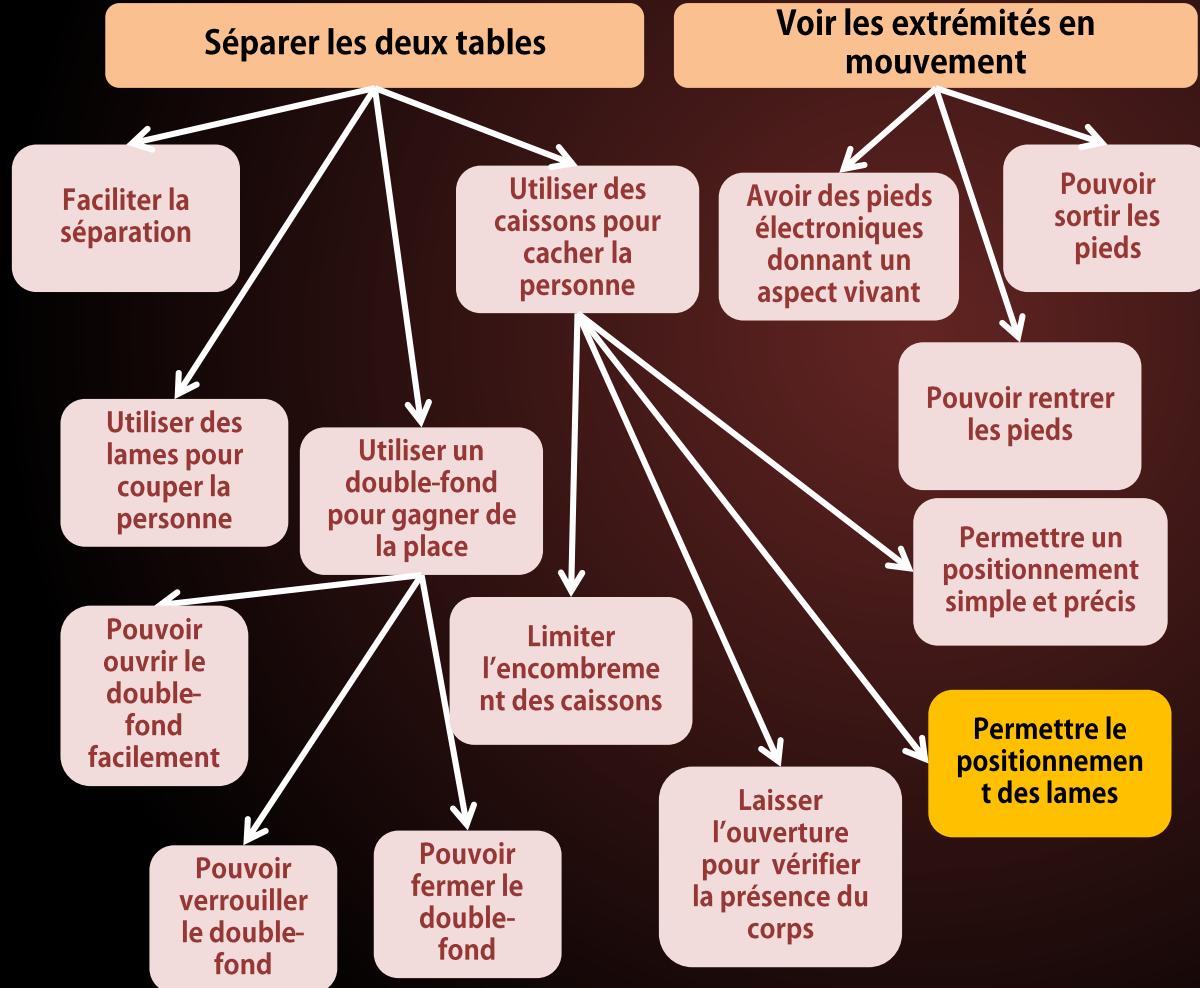
# 6- Réalisation

## Exigences et fonctions



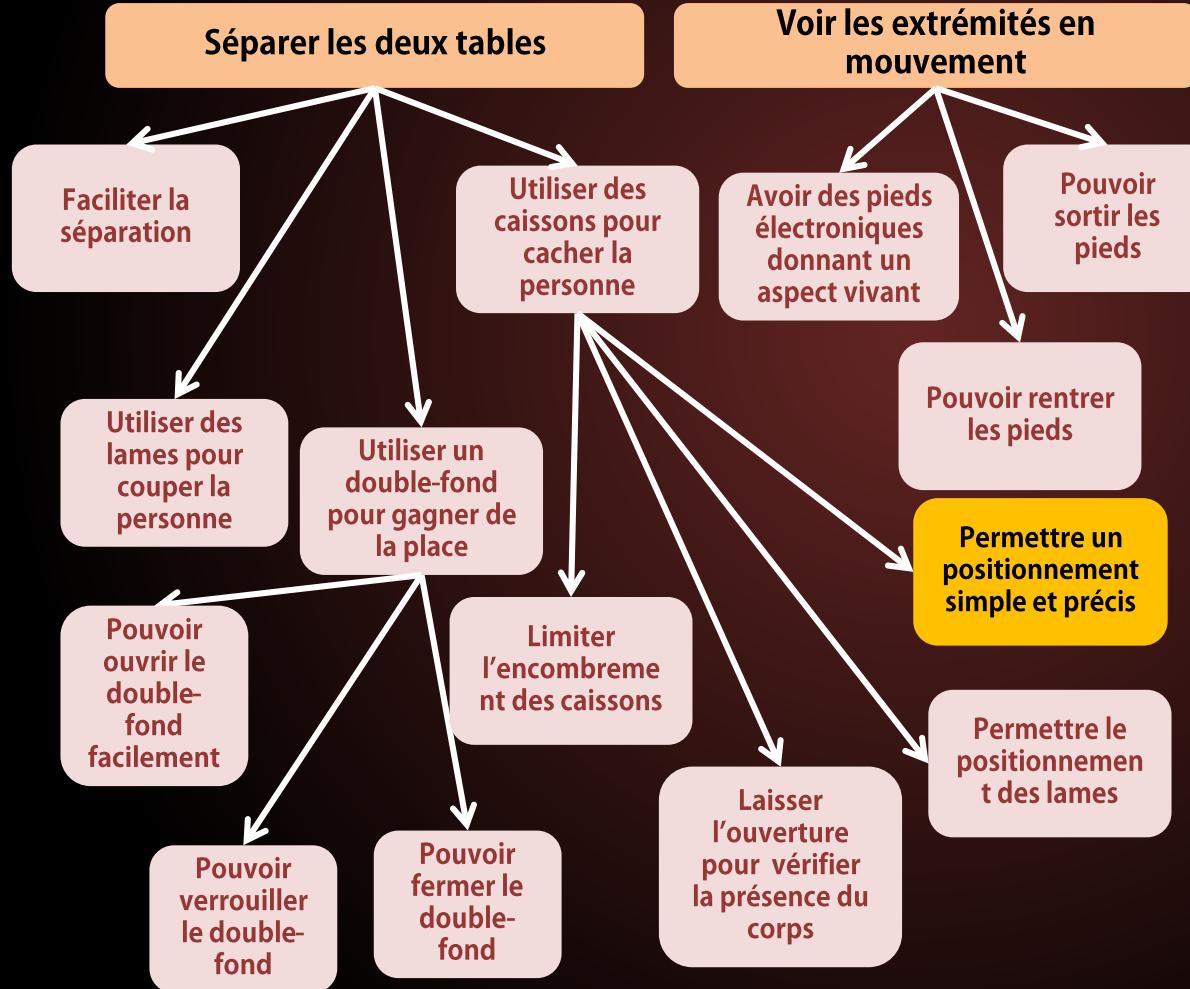
# 6- Réalisation

## Exigences et fonctions



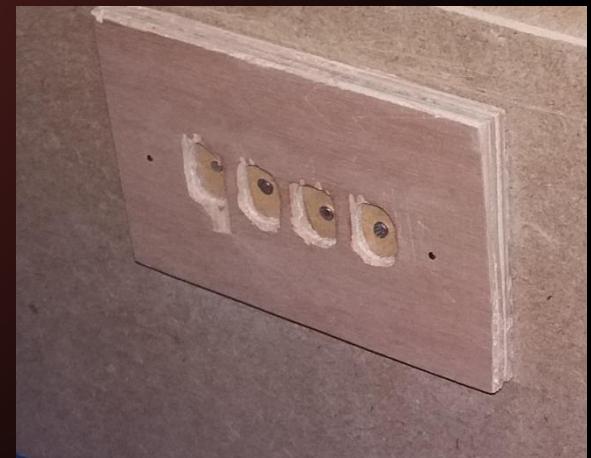
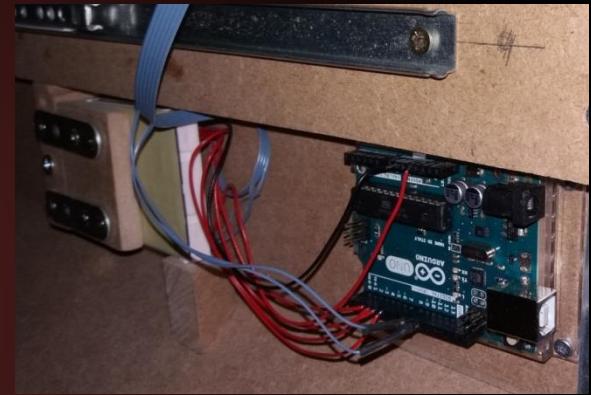
# 6- Réalisation

## Exigences et fonctions



# 6- Réalisation

## Exigences et fonctions



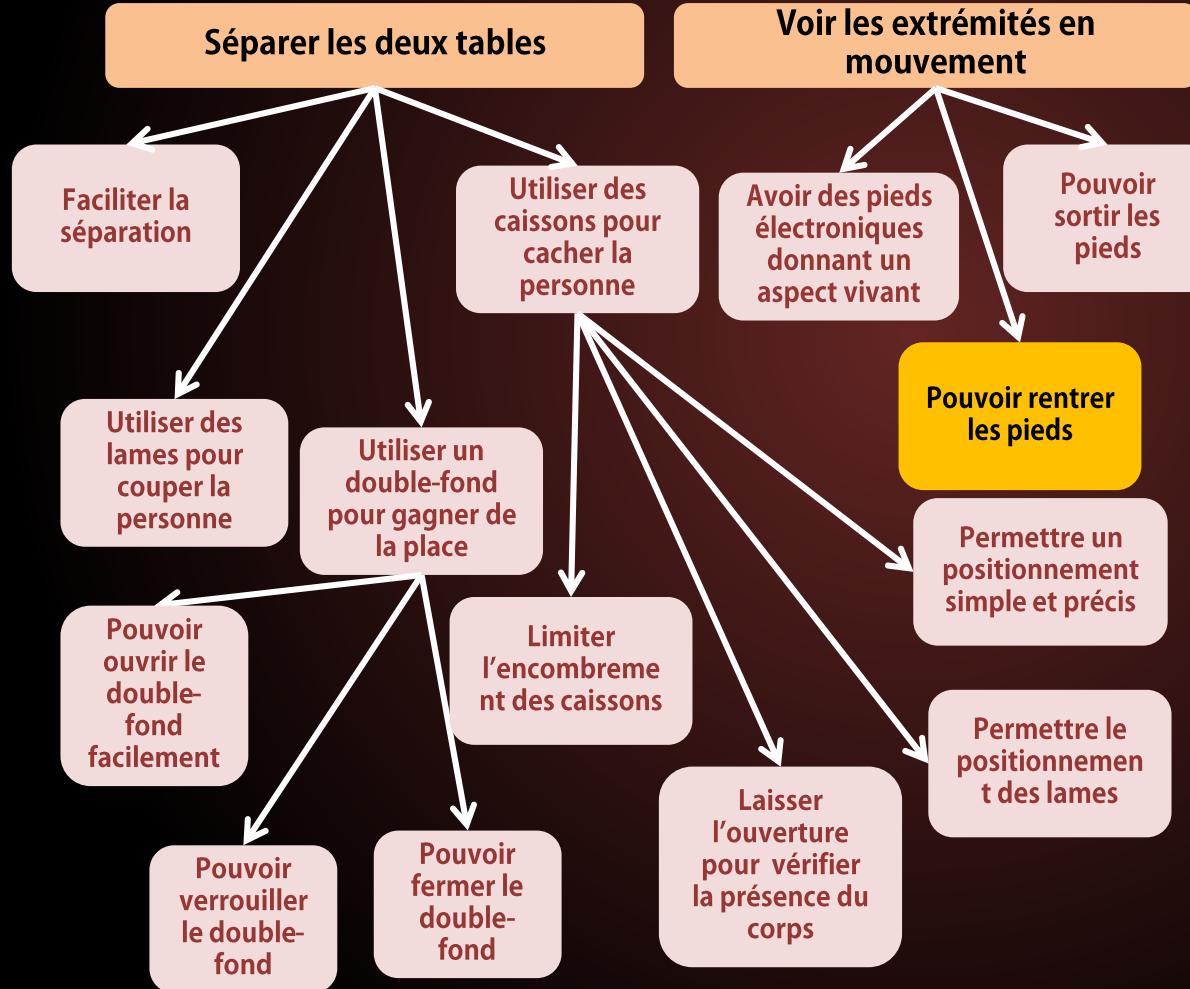
# 6- Réalisation

## Exigences et fonctions



# 6- Réalisation

## Exigences et fonctions



# 6- Réalisation

## « Test driven development »

Système de verrouillage des volets



*version SketchUp*



*Dispositif final*

# 6- Réalisation

## Capture des mouvements du pied

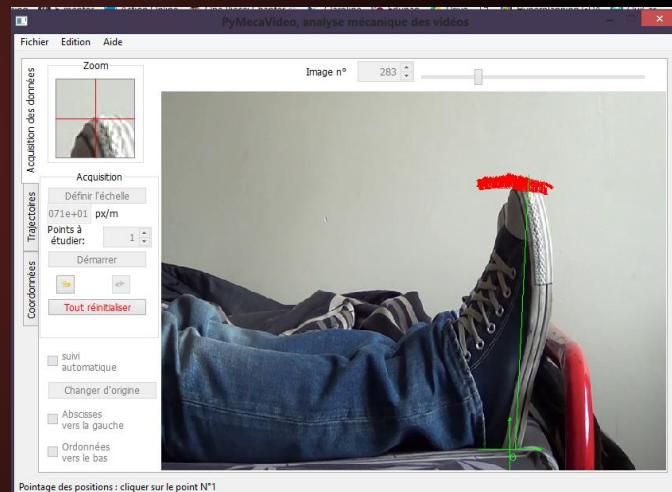
Protocole :

1) Enregistrement des mouvements réels

2) Acquisition des positions

3) Conversion en variation d'angles

4) Programmation des consignes



t (s)	X1 (m)	Y1 (m)	X-X0	Y-Y0	R	Temps (pas de 1/30 s)	Theta	Theta entier	Delai	Code	Code concaténé
0	1,057	27,72	1,057	27,7	27,74		0	2,1832	92	0setAngle(92);	setAngle(92);
0,04	1,138	27,8	1,138	27,8	27,83	0,033333333	2,3441	92	33,333		setAngle(92);
0,08	1,057	27,72	1,057	27,7	27,74	0,066666667	2,1832	92	66,667		setAngle(92);
0,12	1,057	27,72	1,057	27,7	27,74	0,1	2,1832	92	100		setAngle(92);
0,16	1,057	27,72	1,057	27,7	27,74	0,133333333	2,1832	92	133,33		setAngle(92);
0,2	1,057	27,72	1,057	27,7	27,74	0,166666667	2,1832	92	166,67		setAngle(92);
0,24	1,057	27,72	1,057	27,7	27,74	0,2	2,1832	92	200		setAngle(92);
0,28	1,057	27,72	1,057	27,7	27,74	0,233333333	2,1832	92	233,33		setAngle(92);

# 6- Réalisation

## Rédaction du code

### Mode vivant

```
setAngle(92);delay(1166);
setAngle(91);delay(133);
setAngle(90);delay(66);
setAngle(89);delay(66);
setAngle(88);delay(33);
setAngle(87);delay(66);
setAngle(86);delay(66);
setAngle(85);delay(66);
setAngle(84);delay(333);
setAngle(85);delay(166);
setAngle(86);delay(66);
setAngle(87);delay(66);
setAngle(88);delay(66);
setAngle(89);delay(99);
setAngle(90);delay(99);
setAngle(91);delay(333);
setAngle(92);delay(66);
setAngle(93);delay(66);}
```

# 6- Réalisation

## Rédaction du code

### Utilisation de la bibliothèque Servo.h

```
void setup() {  
    myServo1.attach(pinServo1);  
    myServo2.attach(pinServo2);  
}  
  
void loop() {  
    setAngle(30) ;  
}  
  
void setAngle(int a){  
    myServo2.write(a);  
    myServo1.write(160-a);  
}
```

# 6- Réalisation

## Rédaction du code

### Utilisation des modes

```
void loop() {  
    if(digitalRead(pinMode1)) {  
        mode = 1 ;  
    } if(digitalRead(pinMode2)) {  
        mode = 2 ;  
    } if(digitalRead(pinMode3)) {  
        mode = 3 ;  
    } if(digitalRead(pinMode4)) {  
        mode = 4 ;  
    }  
    if(mode==1) {  
        //Consignes mode 1  
    } if(mode==2) {  
        //Consignes mode 2  
    } if(mode==3) {  
        //Consignes mode 3  
    } if(mode==4) {  
        //Consignes mode 4  
    }  
}
```

# 6- Réalisation

## Rédaction du code

### Cas particuliers des interruptions

Mode 1 -> instantané

Mode 2 -> 15 secondes (en boucle)

Mode 3 -> 2 secondes



→ `attachInterrupt(pinMode1, executeMode1, FALLING);`

Mode 4 -> 2 secondes

Mode 2 -> 15 secondes (en boucle)

Mode 1 -> instantané



→ `attachInterrupt(pinMode3, executeMode3, FALLING);`

# 6- Réalisation

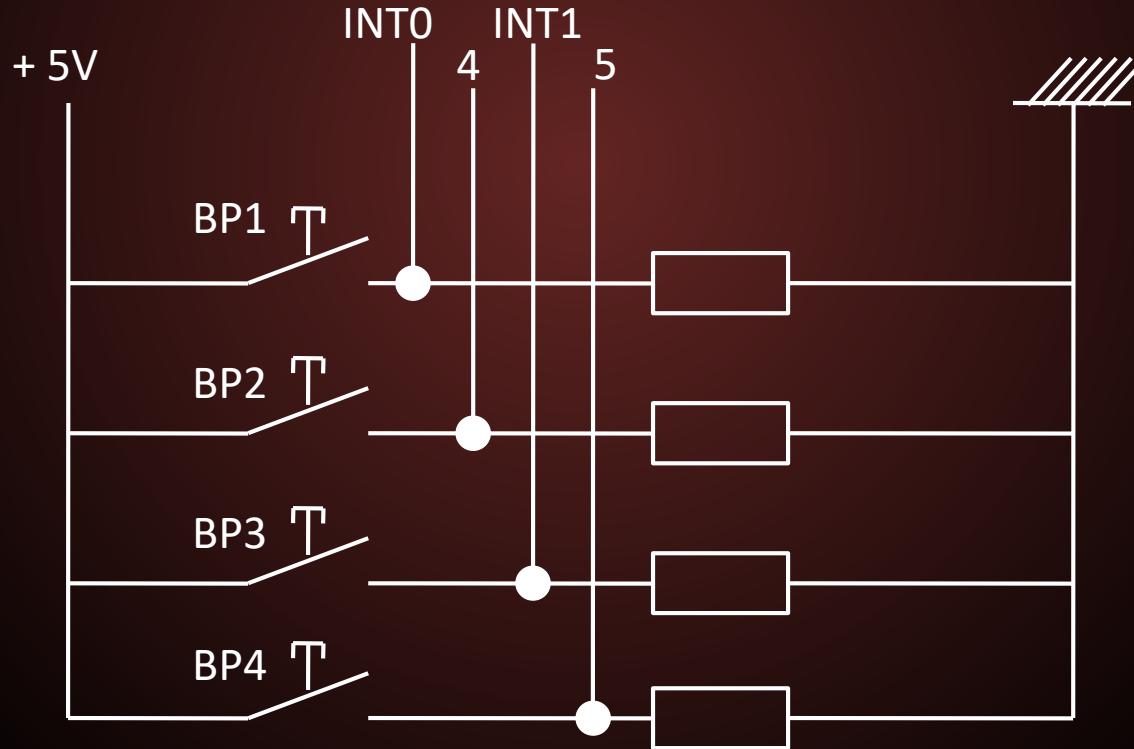
## Rédaction du code

### Cas particuliers des interruptions

```
void setAngle(int a){  
    if((mode == 2)){  
        myServo2.write(a);  
        myServo1.write(160-a);  
    }  
    if((mode == 23)){  
        //consignes pour la transition entre le mode 2 et 3  
    }  
}
```

# 6- Réalisation Circuit

## Montage des boutons poussoirs



# 6- Réalisation

## Coût de la GI

Partie mécanique	+ 600.81€
Partie électronique	+ 296.84 €
Coût brut GI	= <b>897.65 €</b>
Subventions Fondation ECP	- 450.00 €
Matériel électronique du Lisa - 2 servomoteurs Jumbo - 1 carte Arduino Uno	- 2 * 240.00 € - 16.25 €
Coût effectif GI	= <b>191.40 €</b>



# Conclusion

**« Est-ce que vous avez des questions ? »**



# Remerciements

**Le laboratoire du LISA**

- Laurent Cabaret
- Didier Coudray



**La fondation ECP**

