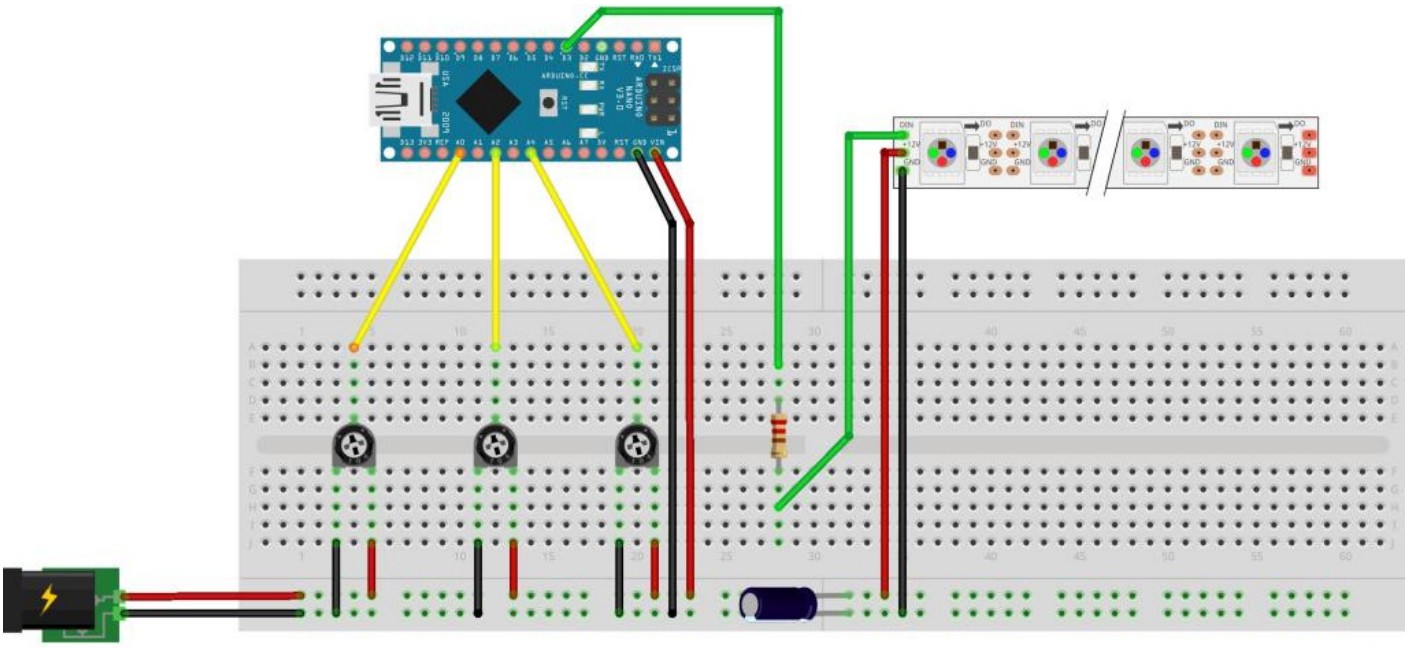
Construction

- Électronique
- Programme arduino

Électronique

Schéma



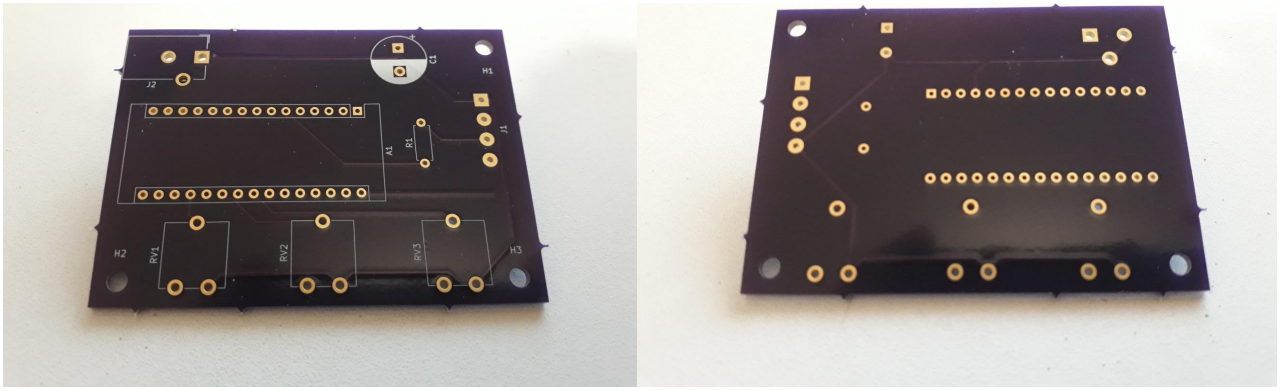
Les 3 potentiomètres servent de contrôle : leurs valeurs mesurées par l'arduino vont servir à contrôler la bande LED (par exemple sa couleur). Le condensateur sert de sécurité : lors de la variation d'un potentiomètre, ou de l'allumage des LEDs, il va absorber les chutes ou pics de tension.

(contrairement à l'illustration, la bande LED est alimentée en 5V, et non en 12V)

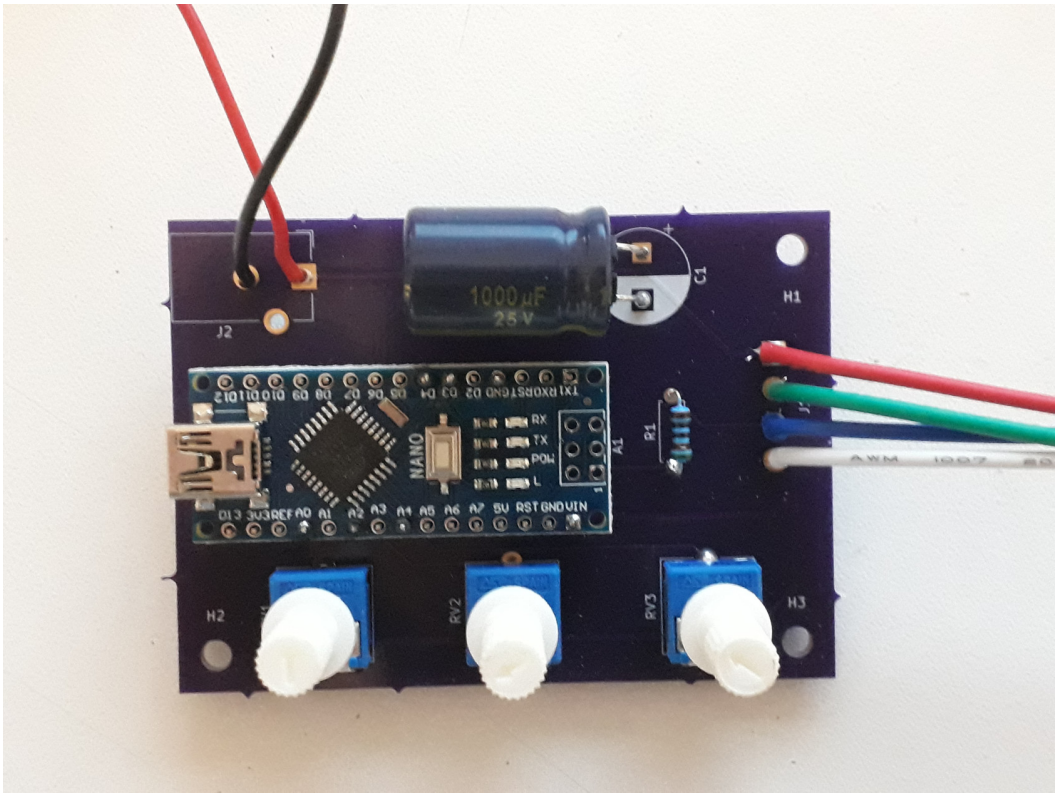
Création d'un circuit imprimé (PCB) et assemblage

L'ensemble des composants est assemblé sur un PCB, conçu avec KiCad, et commandé sur OshPark (il m'en reste deux exemplaires, contactez-moi si vous en voulez un). Fichiers de projet KiCad (et Gerber pour la production) : SEP_LEDS.zip

Le PCB :



Après soudure des composants :



Remarque : les bandes LED usuelles ont 3 fils : GND, +5V et data. Ici j'ai utilisé une bande LED WS2813, qui possède 4 fils : GND, +5V et 2 fils data. Pour l'utiliser avec la bibliothèque Fastled de l'arduino, j'ai connecté les deux fils data ensemble.

Programme arduino

Le programme combine deux parties : la gestion de la bande LED (et interactions avec les potentiomètres), et la simulation du modèle physique. Les deux sont mélangés tout au long du code (téléchargeable ici : FastLED_SEP_pot_biais.ino), mais pour simplifier et illustrer d'autres exemples d'utilisation du circuit, je vais d'abord décrire la gestion des LEDs uniquement. La description du modèle physique et le programme correspondant sont donnés plus bas.

Gestion des LEDs et des potentiomètres

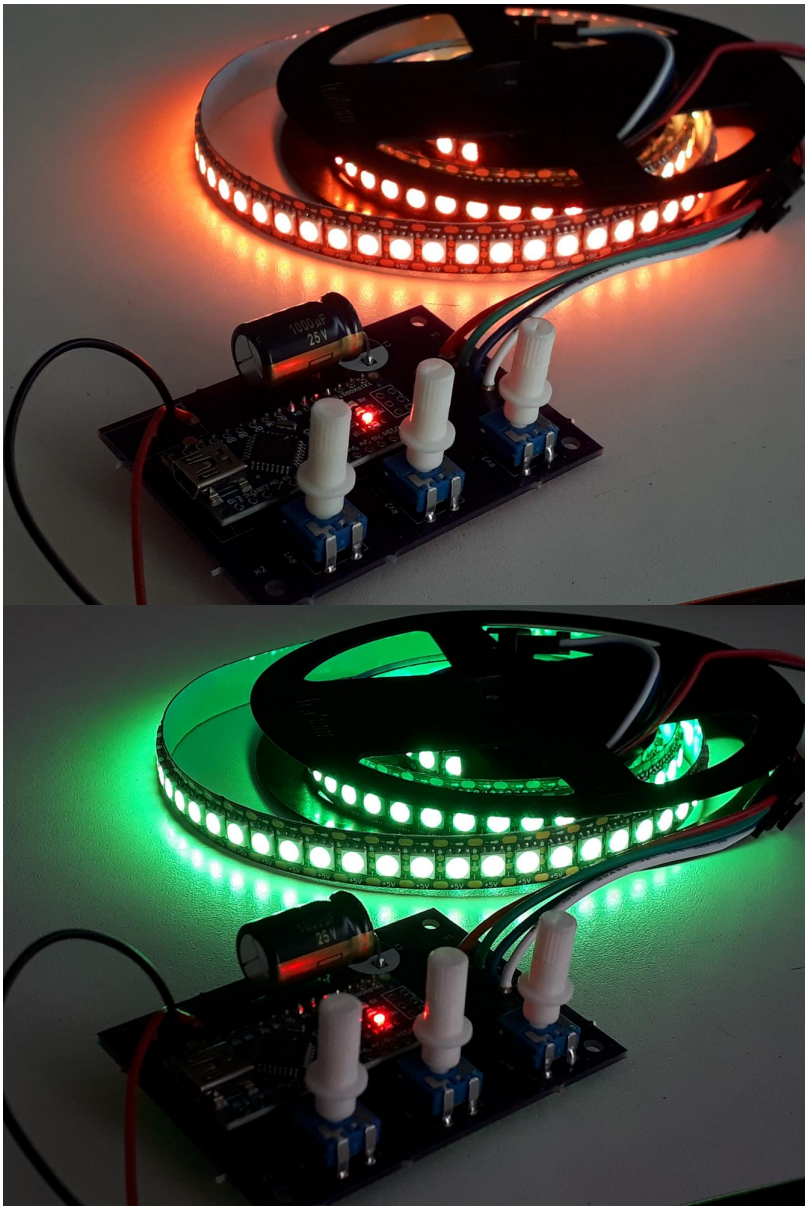
Pour illustrer le fonctionnement de base, on va écrire un programme qui va allumer toutes les LEDs de la même couleur. Celle-ci est déterminée par les 3 potentiomètres (gauche -> rouge, centre -> vert, droite -> bleu).

```
#include <FastLED.h>

// nombre de LEDs
#define NUM_LEDS 144
// pin sur lequel est connecté le fil data
#define DATA_PIN 3

// intensité des LEDs
#define BRIGHTNESS 20



// pin pour le potentiomètre de gauche
const int PinG = A0;
// valeur du potentiomètre
int potPinG ;

// pin pour le potentiomètre central
const int PinC = A2;
// valeur du potentiomètre
int potPinC ;

// pin pour le potentiomètre de droit
const int PinD = A4;
// valeur du potentiomètre
```

```
int potPinD ;

// tableau des couleurs de chaque LED
CRGB leds[NUM_LEDS];

// initialisation
void setup() {

  FastLED.addLeds<NEOPIXEL, DATA_PIN>(leds, NUM_LEDS);

  // limitation de la puissance, via voltage max (5V) et courant max (1A)
  FastLED.setMaxPowerInVoltsAndMilliamps(5,1000);

  // ajuster la luminosité
  FastLED.setBrightness(BRIGHTNESS);
}

void loop() {

  // mesure des valeurs des potentiomètres
  potPinG = analogRead(PinG) ;
  potPinC = analogRead(PinC) ;
  potPinD = analogRead(PinD) ;

  // Conversion en valeurs entre 0 et 255
  int valR = map(potPinG, 0, 1023, 0, 255) ;
  int valG = map(potPinC, 0, 1023, 0, 255) ;
  int valB = map(potPinD, 0, 1023, 0, 255) ;

  // allumer les LEDs de la couleur R, G, B
  for(int i=0; i<NUM_LEDS; i++)
  {
    leds[i] = CRGB(valR, valG, valB);
  }

  // allumer les LEDs
  FastLED.show();

  // attendre 100ms
  delay(100) ;
```

```
}
```

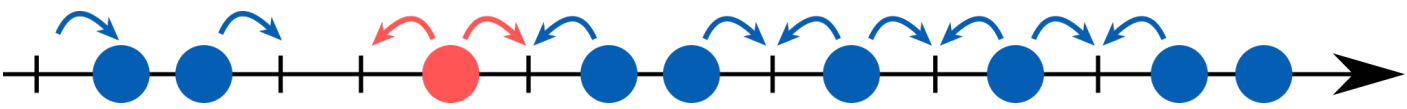
Voilà ce que ça donne après transfert sur l'Arduino :



Simulation du modèle

Le processus d'exclusion symétrique est un modèle de particules sur réseau. À chaque pas de temps, une particule est choisie au hasard. Celle ci va alors tenter de sauter sur un site voisin, soit à gauche, soit à droite, avec la même probabilité. Le saut n'a lieu que si le site choisi est vide, sinon il ne se passe rien. Cela impose qu'il y a au maximum une particule par site. Une des particules est spécifique (en rouge ci-dessous) : lorsqu'elle est choisie, elle peut sauter à droite avec une probabilité pr, et vers la gauche avec une probabilité 1-pr. En choisissant pr > 1/2, cette particule va avoir tendance à plutôt aller vers la droite que vers la gauche. Cela modélise l'action

d'une force agissant sur cette particule uniquement.



Initialement, la particule rouge est placée au milieu. Les autres particules sont placées aléatoirement avec la règle suivante :

- à gauche de la particule rouge, pour chaque site, on choisit aléatoirement si le site est occupé par une particule ou non. On note rhom cette probabilité;
- à droite, on procède de même, mais avec une probabilité différente, que l'on note rhop.

On va illustrer ce modèle à l'aide d'une bande LED. Les sites du réseau correspondent aux LEDs. Une LED allumée correspond à un site occupé par une particule. Les trois potentiomètres permettent de régler les paramètres du modèle :

- le potentiomètre de gauche contrôle la probabilité d'occupation à gauche rhom;
- le potentiomètre central contrôle la probabilité de saut pr de la particule rouge;
- le potentiomètre de droite contrôle la probabilité d'occupation à gauche rhop.

```
// les bibliothèques nécessaires
#include <FastLED.h>
#include <math.h>

// nombre de LEDs = nombre de sites
#define NUM_LEDS 144
// pin sur lequel est connecté le fil data
#define DATA_PIN 3

// intensité des LEDs
#define BRIGHTNESS 20

// pour la génération denombres aléatoires
// on va générer des entiers entre 0 et MAX_RAND
#define MAX_RAND 1000

// densités initiales, > 1 pour l'initialisation (voir plus bas)
double rhom = 1.1 ;
double rhop = 1.1 ;

// probabilité pour la particule centrale (rouge) de sauter à droite
double pr = 0.5 ;
```

```
// pin pour la densité à gauche (potentiomètre gauche)
const int PinRhoL = A0;
int potPinRhoL ;

// pin pour la densité à droite (potentiomètre droit)
const int PinRhoR = A4;
int potPinRhoR ;



// pin pour le biais = proba d'aller à droite (potentiomètre central)
const int PinBias = A2;
int potPinBias ;

// tableau des couleurs de chaque LED
CRGB leds[NUM_LEDS];

// on va représenter l'état du système à un instant par des nombres d'occupations
// à chaque site est associé un nombre d'occupation :
// - 0 => le site est vide
// - 1 => le site contient une particule
// on considère que la particule rouge n'occupe pas de site (elle est traitée à part)
int occup[NUM_LEDS];

// position initiale de la particule rouge = au milieu
int pos_tracer = NUM_LEDS/2;

// nb de particles
// (avant l'initialisation, il n'y a aucune particule)
int npart = 0 ;

// on créé aussi un tableau qui contient les positions des particules
int pospart[NUM_LEDS] ;

// fonction qui génère des nombres aléatoires entre 0 et 1 à partir de la génération d'entiers
double Unif(){

  return random(MAX_RAND)/(MAX_RAND+1.);
}

// fonction auxilliaire qui initialise tout
```

```
void initAll() {

 // on a initialement aucune particule bleu
 npart = 0 ;
 // la particule rouge est au milieu
 pos_tracer = NUM_LEDS/2;

 // pour chaque site à gauche, on tire au hasard pour savoir s'il est occupé ou pas
 for(int i=0; i<pos_tracer; i++)
 {
  if(Unif() < rhom){
    occup[i] = 1 ;
  }
  else{
    occup[i] = 0 ;
  }
  // si le site est occupé, on illumine la LED
  leds[i] = CHSV(117, 255*occup[i], 127*occup[i]);
  // CHSV définit la couleur à partir de 3 paramètres (hue, saturation, valeur)
  // en mettant les deux derniers à zéro, on a du noir (LED éteinte)
  // on multiplie donc ces nombres par le nombre d'occupation : si le site est vide, ça fait zéro donc éteint !

  // on se rappelle qu'on a une particule au site i
  pospart[npart] = i ;

  // on augmente le nombre total de particules si on en a placé une
  npart += occup[i] ;

 }

 // on s'occupe maintenant de la particule rouge

 // on stocke sa position
 pospart[npart] = pos_tracer ;
 // on a une particule de plus (la rouge)
 npart += 1 ;
 // on considère que le site n'est pas occupé par une particule bleue
 occup[pos_tracer] = 0 ;

 // on place les particules à droite de la particule rouge
```

```
  // c'est tout comme avant, sauf que la probabilité d'avoir une particule sur un site est rhop
  for(int i=pos_tracer+1; i<NUM_LEDS; i++)
  {
    if(Unif() < rhop){
      occup[i] = 1 ;
    }
    else{
      occup[i] = 0 ;
    }

    leds[i] = CHSV(117, 255*occup[i], 127*occup[i]);

    pospart[npart] = i ;

    npart += occup[i] ;
  }

  // on allume la particule rouge
  leds[pos_tracer] = CHSV(0, 255, 127);

  // on affiche tout sur la bande LED
  FastLED.show();

}

// lors de l'allumage de l'arduino
void setup() {

  // on initialise la gestion des LEDs
  FastLED.addLeds<NEOPIXEL, DATA_PIN>(leds, NUM_LEDS);

  // on limite la puissance en indiquant la tension max (5V), et le courant max (1A)
  // à adapter en fonction de l'alimentation branchée
  FastLED.setMaxPowerInVoltsAndMilliamps(5,1000);

  // on ajuste la luminosité brightness
  FastLED.setBrightness(BRIGHTNESS);

  // on initialise le générateur de nombre aléatoire à partir d'une mesure (bruitée donc aléatoire) du pin 0
  randomSeed(analogRead(0));
```

```
}

// la boucle de l'arduino
// à chaque étape, on vérifie si un la valeur d'un potentiomètre a été changée
// - si oui : on change les paramètres du modèle et on ré-initialise si besoin
// - si non : on essaye de bouger une particule
void loop() {

  // on lit la valeur du potentiomètre gauche
  potPinRhoL = analogRead(PinRhoL) ;
  // on convertit ça en nombre entre 0 et 1, par pas de 0.1 (0, 0.1, 0.2 ...)
  double RhoL = map(potPinRhoL, 0, 1023, 0, 10)/10. ;

  // pareil pour le potentiomètre droit
  potPinRhoR = analogRead(PinRhoR) ;
  double RhoR = map(potPinRhoR, 0, 1023, 0, 10)/10. ;

  // pour celui du milieu on convertit ça entre 0 et 0.5
  potPinBias = analogRead(PinBias) ;
  double Bias = map(potPinBias, 0, 1023, 0, 5)/10. ;
  // on ajoute cela à 0.5, ce qui donne une proba entre 0.5 et 1
  pr = 0.5 + Bias ;

  // s'il y a eu un changement des probas d'occupations initiales de chaque côte
  // alors on réinitialise tout, avec ces nouvelles probas
  if( abs(RhoL - rhom) > 0.01 || abs(RhoR - rhop) > 0.01 ){
    rhom = RhoL ;
    rhop = RhoR ;
    initAll() ;
  }



  // on ne met pas de temps d'attente
  // le temps de calcul est déjà suffisant
  delay(0) ;



  // on tire au hasard une particule, et on note sa position
```

```
int part = random(npart);
int pos = pospart[part] ;
// on va essayer de la déplacer vers new_pos
int new_pos ;

// la procédure dépend de si on a tiré la particule rouge ou pas
// si oui
  if(pos == pos_tracer)
  {
    // on calcule la nouvelle position
    // par défaut, on va à gauche (attention, si on sort par la gauche, on place la particule à droite)
    new_pos = (pos_tracer - 1 + NUM_LEDS) % NUM_LEDS ;
    // si on va à droite
    if(Unif() < pr){
      // on calcule la position correspondante
      new_pos = (pos_tracer + 1) % NUM_LEDS ;
    }

    // on regarde si le site d'arrivée est vide
    // si oui, on déplace la particule
    if(occup[new_pos] == 0)
    {
      // on éteint la LED de l'ancienne position
      leds[pos_tracer] = CRGB::Black;
      // on allume la nouvelle en rouge
      leds[new_pos] = CHSV(0, 255, 127);

      // on stocke les nouvelles positions
      pos_tracer = new_pos ;
      pospart[part] = new_pos ;
    }
  }
// si c'est une particule bleue
  else
  {
    // on choisit le nouveau site aléatoirement, à gauche ou à droire avec la même proba
    new_pos = (pos + (2*random(2) - 1) + NUM_LEDS) % NUM_LEDS ;

    // on vérifie que le site d'arrivée est vide
    if(occup[new_pos] == 0 && pos_tracer != new_pos)
```

```
    {

      // on éteint l'ancienne position
      leds[pos] = CRGB::Black;
      // on allume la nouvelle en bleu
      leds[new_pos] = CHSV(117, 255, 127);

      // on met à jour les nombres d'occupations
      occup[pos] = 0 ;
      occup[new_pos] = 1 ;

      // et la position
      pospart[part] = new_pos ;
    }
  }

  // on affiche sur les LEDs
  FastLED.show();

}
```