

---

# Imprimante Braille

*Projet de Terminale S – SI*

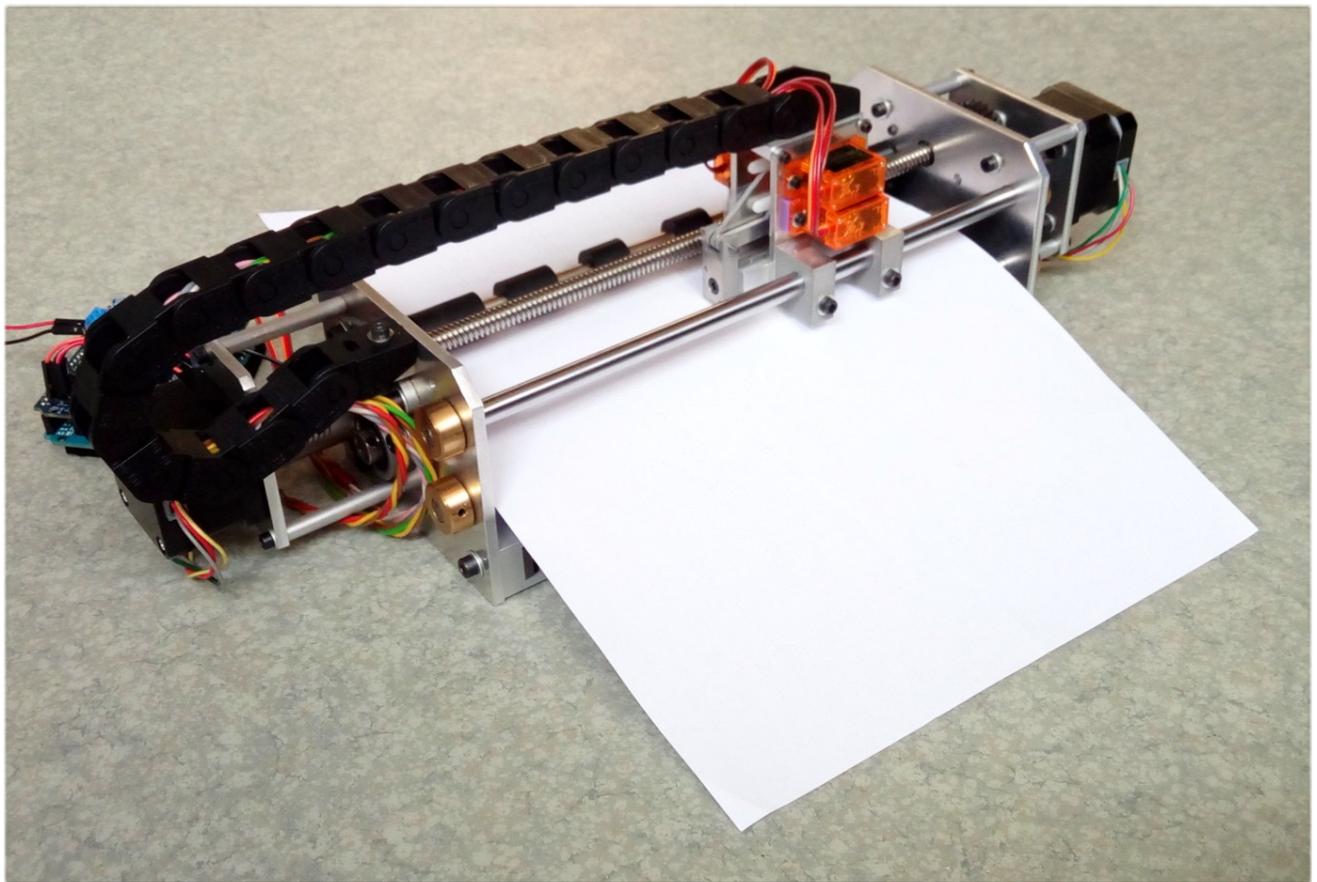
**Gilles DEVILLERS**

Boris CHARDONNEAU

Armand RIBAUT

Benjamin ROULLEAU

---



---

# Table des matières

1. Introduction	3
2. Braille	3
3. Solutions existantes	4
4. Solution imaginée	5
1. Définition du besoin	5
2. Étude des contraintes	5
3. Matériel	6
5. Impression	7
1. Tête d'impression	7
2. Matrice	7
3. Chaînes d'information et d'énergie	8
6. Prototype	8
1. Modélisation	8
2. Réalisation	9
7. Électronique	10
8. Programme	11
9. Conclusion	12
Annexe	13
Salon des Jeunes Inventeurs et Créateurs de Monts	13
Programme	14

---

# 1. Introduction

D'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé publié en 2014, il y aurait dans le monde près de 285 millions de déficients visuels, dont 39 millions d'aveugles. Ces personnes font face à plusieurs difficultés dans leur vie, l'une d'entre elles est l'accès à la lecture et à l'écriture.

Notre projet porte donc sur la conception d'une imprimante Braille : un système permettant aux aveugles et malvoyants de retranscrire du texte depuis un dispositif informatique sur une feuille pour leur permettre de lire ce texte.

## 2. Braille

Notre méthode d'écriture et de lecture n'étant pas adaptée aux aveugles et malvoyants, ceux-ci en possèdent une tout autre. La technique la plus répandue est celle de l'alphabet Braille.



Le français Louis Braille, né en 1809, devient aveugle à l'âge de trois ans, et s'attelle donc très tôt à la réalisation d'une méthode de lecture et d'écriture pour les aveugles et malvoyants. Son principe repose sur une transformation de notre alphabet latin en un alphabet « Braille ».

Chaque caractère de l'alphabet est représenté sous la forme d'une grille de « points » de deux colonnes et trois lignes. Sur une feuille, certains points sont enfoncés ou non, créant des bosses en relief sur la feuille. Une personne familière avec la technique peut ensuite faire glisser son doigt sur ces bosses pour reconnaître les caractères et lire le texte.

•	••	•••	••••	•••••	••••••	•••••••	••••••••	•••••••••	••••••••••
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>

Il existe une multitude de standards Braille, avec différentes dimensions de caractères. Nous avons choisi de nous concentrer sur le standard français.

•••	••••	•••••	••••••	•••••••	••••••••	•••••••••	••••••••••	•••••••••••	••••••••••••
<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>P</b>	<b>Q</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>

••••	•••••	••••••	•••••••	••••••••	•••••••••
<b>U</b>	<b>V</b>	<b>W</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>

---

### 3. Solutions existantes

Plusieurs dispositifs retranscrivant du texte sous forme de caractères Braille existent déjà :



- La plage Braille : un appareil relié à un ordinateur, une tablette ou un smartphone. Des petits « picots » contrôlés par des électroaimants montent et descendent pour former des caractères Braille qu'il est possible de lire à la volée. Le prix d'un tel dispositif est en général d'au moins 5 000 € pour une plage de 40 caractères (le minimum pour un bon confort).

- L'ordinateur Braille est peu répandu, c'est la réunion entre un ordinateur et une plage Braille tout-en-un. Il contient plusieurs applications de traitement de texte et de communication et facilite l'impression sur des imprimantes Braille ou standards. L'Esytyme de la marque Eurobraille (marque connue pour ses dispositifs d'accès au Braille « peu chers » par rapport à la concurrence) coûte 8 000 €.

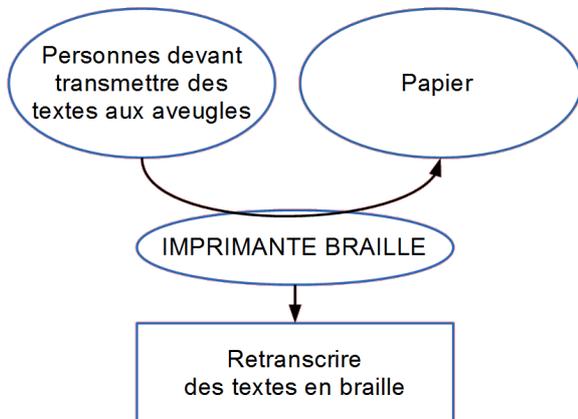


- L'imprimante (ou embosseuse) Braille fonctionne à l'aide d'un système de picots contrôlés par électroaimants similaire aux plages Braille, mais les picots vont cette fois-ci marquer une feuille de papier cartonnée pour permettre aux aveugles ou malvoyants de lire en passant sur leur doigt sur les bosses ainsi faites. Ce genre d'imprimante coûte en général au moins 3000 €.

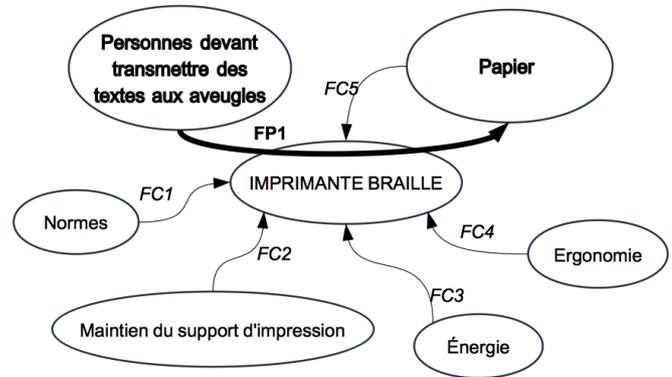
Le problème évident de toutes ces solutions est bien sûr le prix. L'encombrement est également un facteur important.

## 4. Solution imaginée

### 1. Définition du besoin



### 2. Étude des contraintes



FP1 : Retranscrire des caractères braille facilement et rapidement sur une feuille

FC1 : Respecter les dimensions normalisées des caractères braille

FC2 : Maintenir la feuille dans l'axe lors de l'impression

FC3 : Alimenter électriquement le système

FC4 : Ergonomie (facilité d'utilisation)

FC5 : Poinçonner sur feuille A4 standard

Nous avons décidé de concevoir une imprimante Braille d'un nouveau type. Le système sera basé sur le fonctionnement d'une imprimante classique, avec quelques retouches réalisées au niveau de la tête d'impression pour permettre d'emboutir une feuille (faire des bosses).

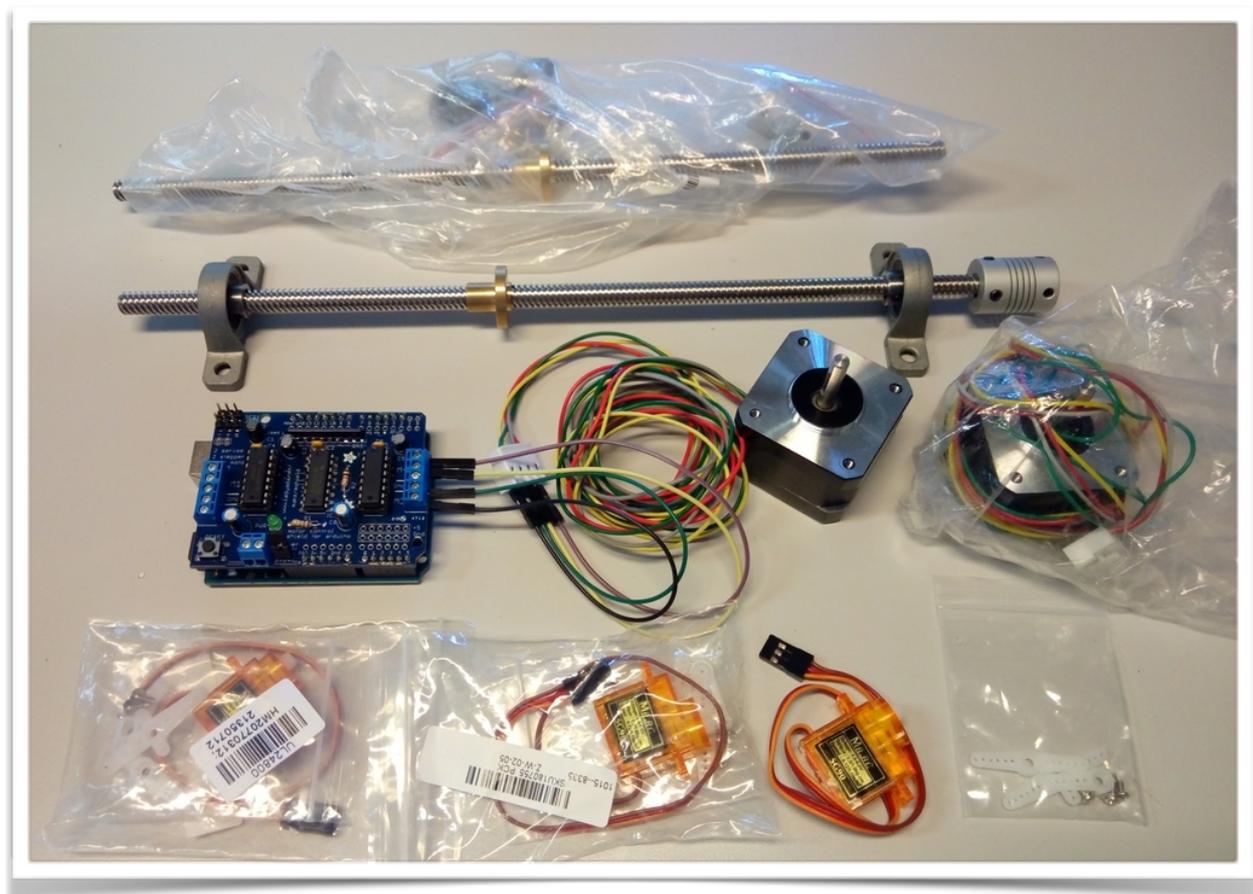
Caractéristique	Dimensions (mm)
Diamètre d'un point	1,2
Profondeur d'un point	0,8 – 1,0
Distance entre deux points du même caractère	2,5 – 2,6
Distance horizontale entre deux caractères	6,1
Interligne	> 10

Répartition des tâches :

Gilles Devillers	Boris Chardonneau	Benjamin Roulleau	Armand Ribault
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conception de la tête d'impression</li> <li>Programmation du prototype</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conception de la tête d'impression</li> <li>Étude des efforts nécessaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conception du système de déplacement de la feuille</li> <li>Intégration globale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conception du système de déplacement de la tête d'impression</li> <li>Communication</li> </ul>

### 3. Matériel

Voici le matériel que nous avons retenu pour réaliser l'imprimante :



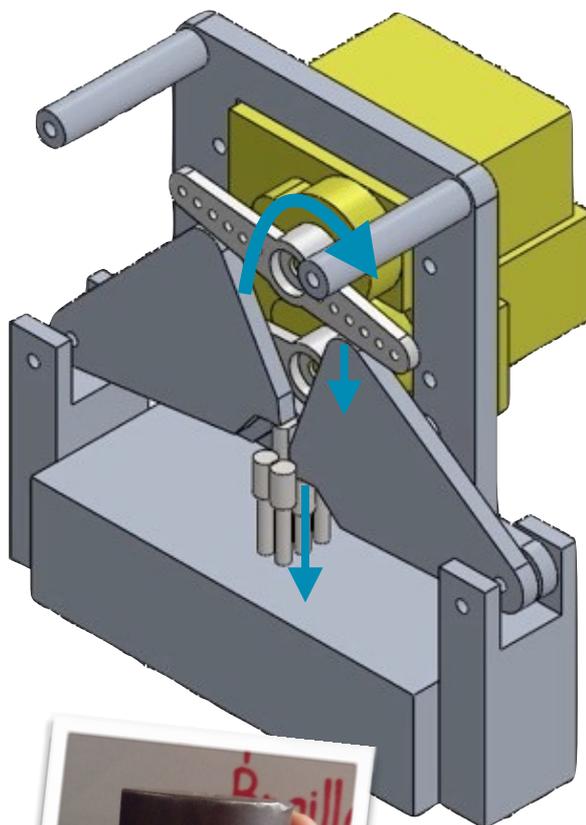
- Deux systèmes vis-écrou de 300 mm avec roulements à billes et accouplement moteur (13,08 € x2). Ils se chargeront de déplacer la tête d'impression le long de la feuille, ainsi que la matrice dont nous parlerons plus tard simultanément.
- Deux moteurs pas-à-pas d'imprimante 3D d'une résolution de 1,8° (12,62 € x2). L'un entrainera les systèmes vis-écrou et l'autre le rouleau pour faire avancer la feuille.
- Trois servomoteurs 9g SG90 (1,87 € x3). Situés sur la tête d'impression, ils se chargeront d'emboîser la feuille.
- Une carte électronique programmable Arduino (4 €) qui exécutera le programme, et un module « Motor Shield » (3 €) pour alimenter et contrôler les moteurs pas-à-pas.
- Deux microcontacts qui feront office de capteurs de fin de course pour éviter que les moteurs ne forcent en cas de problème
- Deux roues dentées de 25 dents et un pignon de 15 dents pour un rapport de transmission de 3/16 (8 € x3). Elles serviront de réducteur et de moyen de transmission de l'énergie mécanique du moteur pas-à-pas aux systèmes vis-écrou.

## 5. Impression

### 1. Tête d'impression

Après avoir étudié quelques solutions déjà existantes, généralement trop complexes et trop coûteuses à mettre en place, nous avons imaginé un nouveau système d'impression.

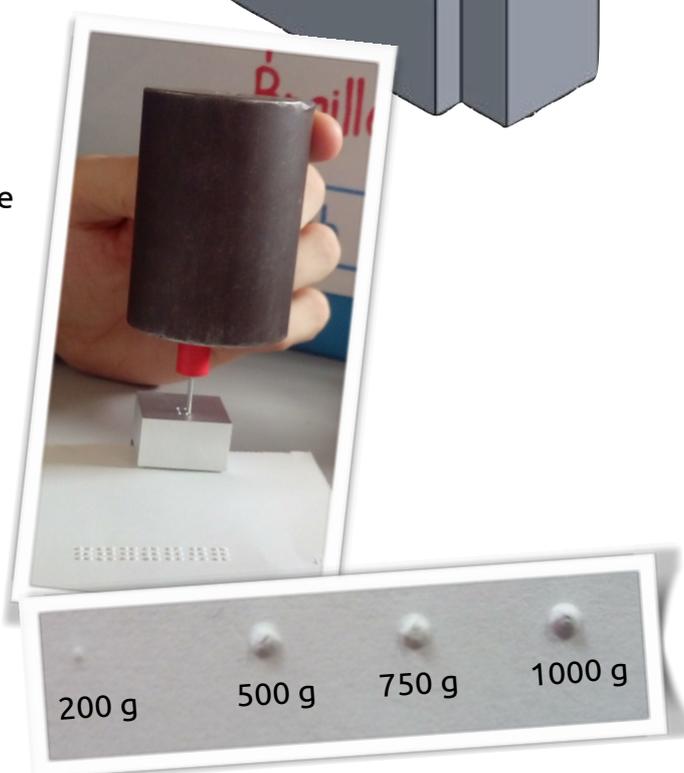
La tête d'impression se déplace sur la largeur de la feuille à l'aide d'un système vis-écrou. Sur la tête se trouvent trois servomoteurs. Chaque servomoteur fait tourner son palonnier, qui appuie sur un levier, qui exerce lui-même une pression sur le poinçon pour marquer la feuille. Chaque servomoteur s'occupe donc de deux poinçons, à savoir une ligne de poinçons.



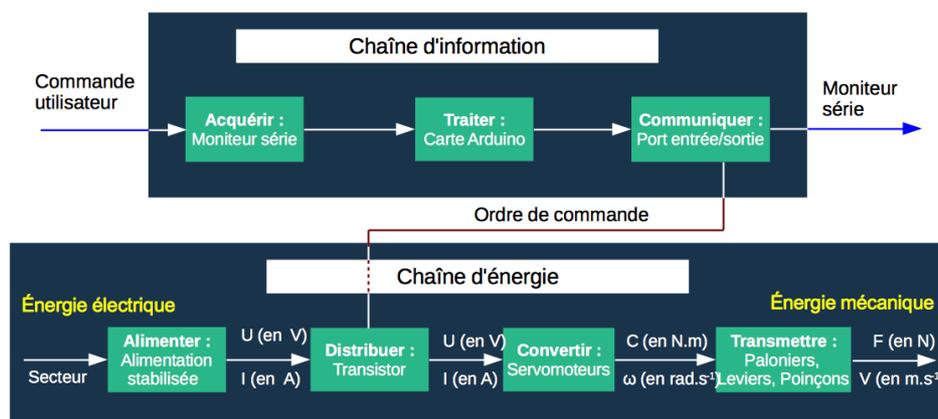
### 2. Matrice

Mon camarade travaillant sur la tête d'impression avec moi a effectué différents tests afin de déterminer la force à appliquer sur un poinçon pour obtenir une bosse suffisante sans percer la feuille.

Afin de ne pas risquer de transpercer la feuille en l'embossant, nous avons décidé d'installer une « matrice » sous les poinçons. Cette pièce est en fait une grille de six creux, chacun aligné sous chaque poinçon. Les poinçons viennent s'appuyer dans les creux lors de l'impression, réalisant ainsi une belle bosse, « lisible ».

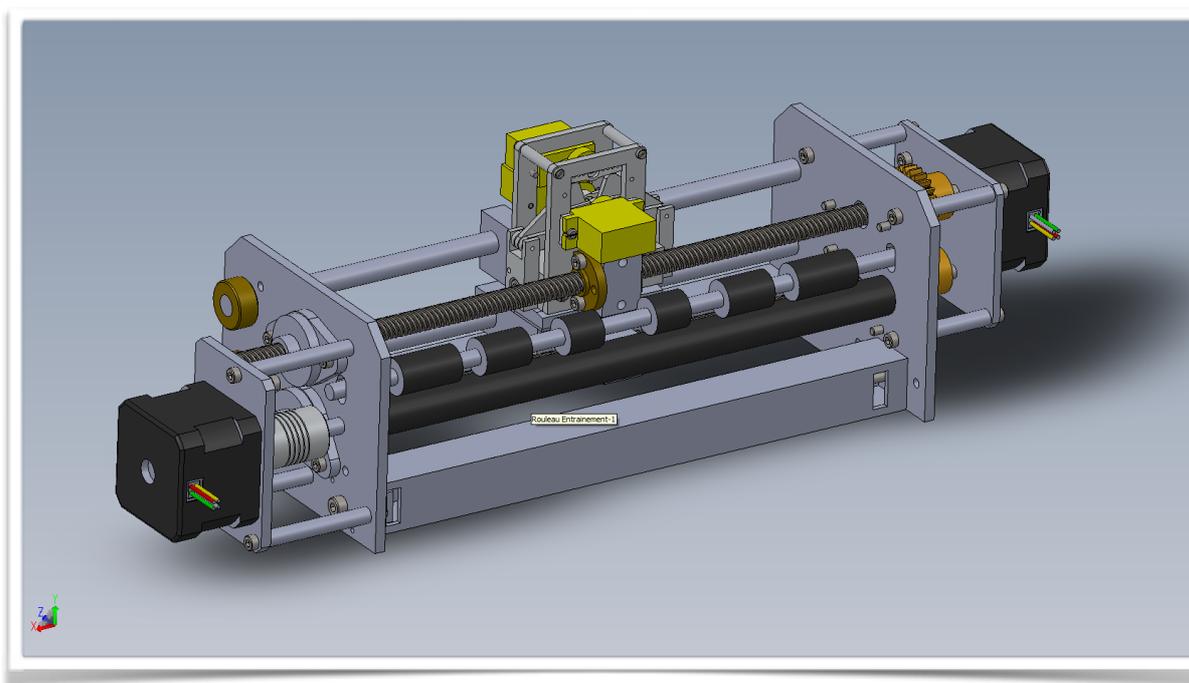


### 3. Chaînes d'information et d'énergie



## 6. Prototype

### 1. Modélisation



Nous avons modélisé une maquette de notre prototype à l'aide du logiciel de conception assistée par ordinateur SolidWorks.

Benjamin s'est chargé d'intégrer la partie de chaque membre du groupe dans un assemblage final et de s'occuper de la structure finale du prototype.

Les rouleaux, chargés de faire avancer la feuille, ont été récupérés d'une ancienne imprimante standard.

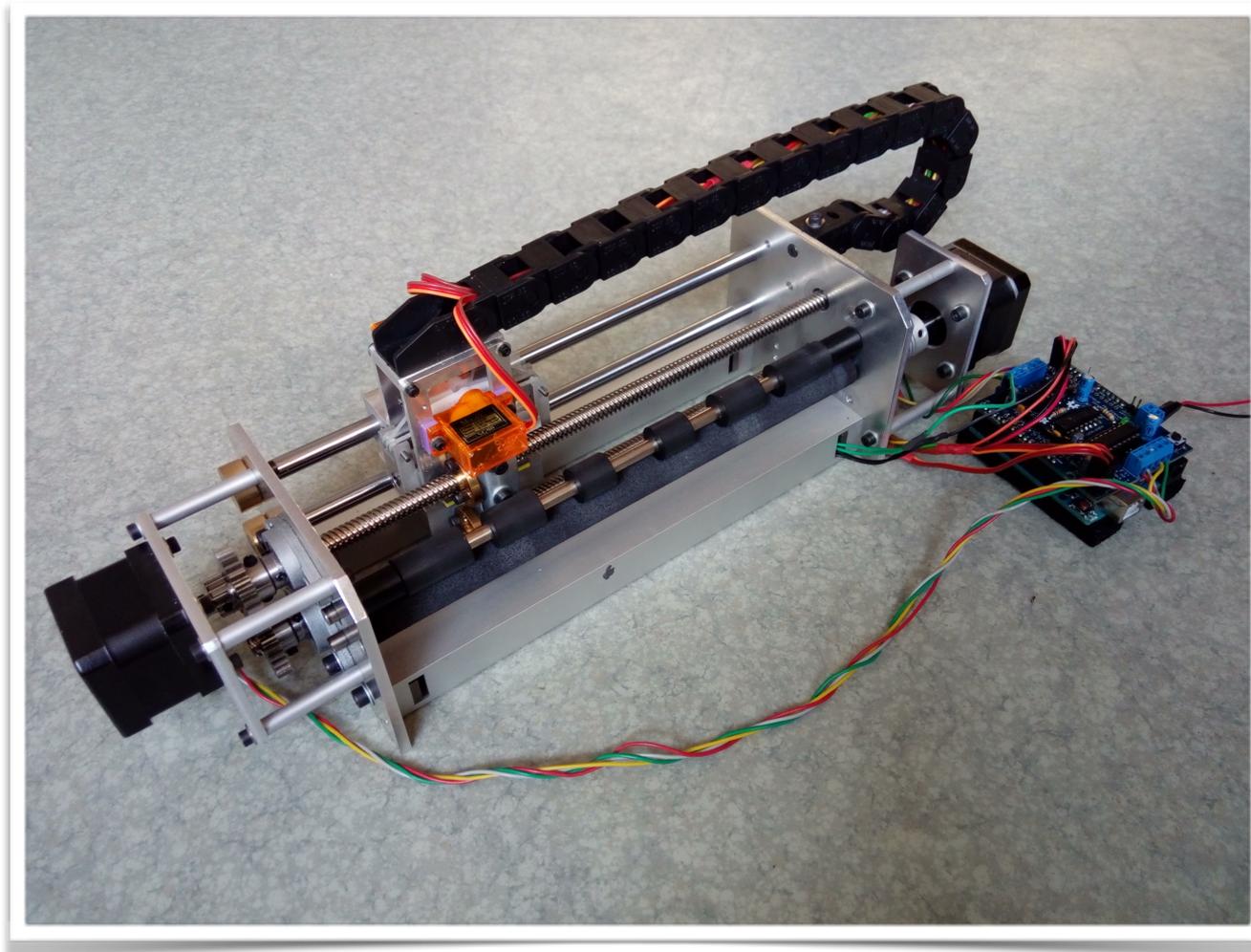
Deux colonnes de guidage parallèles aux systèmes vis-écrou ont été installées pour la tête d'impression et la matrice.

Le coût total du prototype, hors main-d'œuvre, avoisine les 120 €. Un prix bien inférieur aux imprimantes Braille disponibles dans le commerce.

---

## 2. Réalisation

Pour la réalisation du prototype du système, nous avons sous-traité plusieurs pièces constituant le support aux BTS en Conception et Industrialisation en Microtechniques du lycée.

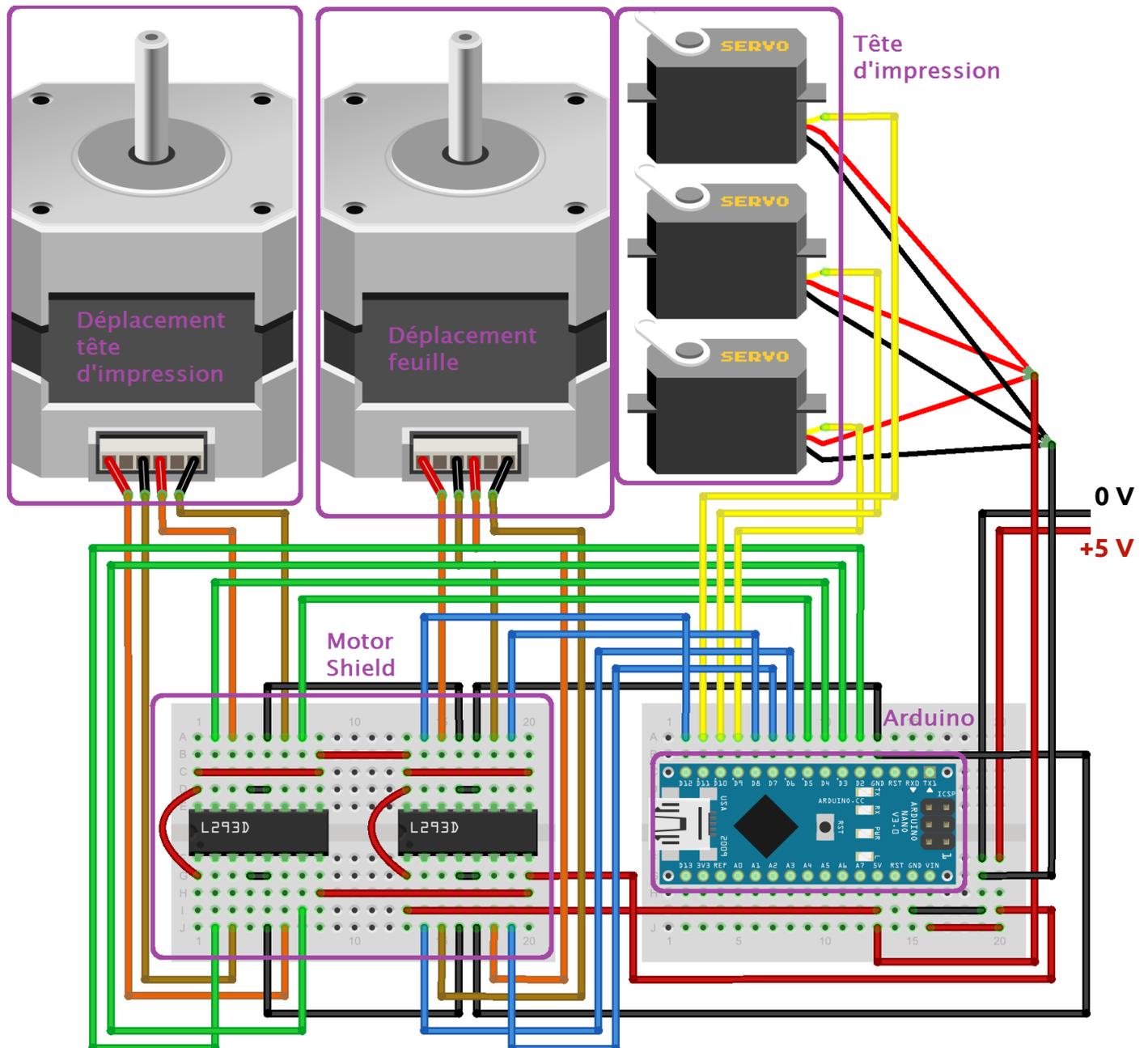


La « chenille » au-dessus de la tête d'impression guide les câbles des servomoteurs.

Les microcontacts se situant derrière le tube de section carrée qui apparaît au premier plan. Les câbles passent à l'intérieur du tube pour les cacher. Ces capteurs permettent à la tête d'impression de se positionner à l'origine au démarrage du système et également de servir de sécurité : le moteur n'étant pas « bloqué » à l'arrêt, il ne sera pas au courant s'il est actionné manuellement. Il pourrait également être bloqué lors de son déplacement et de cette façon sauter des pas. Si la tête d'impression va trop loin, les capteurs de fin de course stopperont les moteurs. Un redémarrage est alors requis pour recalibrer le système.

## 7. Électronique

Voici le schéma de câblage du prototype :



## 8. Programme

Voici l'algorithme simplifié du fonctionnement de l'imprimante :



---

La programmation de la carte électronique programmable Arduino se fait grâce au langage C. Le programme est disponible en annexe de ce rapport.

J'utilise la bibliothèque préinstallée "Servo" pour contrôler les servomoteurs ainsi que la bibliothèque "AF\_Motor" pour contrôler les moteurs pas-à-pas.

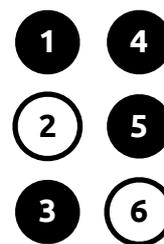
Deux procédures ont été réalisées pour déplacer la tête d'impression et le rouleau d'une certaine distance : ces procédures convertissent directement la distance donnée en nombre de pas pour les moteurs, en tenant compte du rapport de réduction pour la tête d'impression.

```
void deplacementRouleau(unsigned short distanceMm, uint8_t sens)
{
  rouleau.step((unsigned short) ((float) distanceMm * 200.0 / (DIAMETRE_ROULEAU * PI)), sens, SINGLE);
  rouleau.release();
}

void deplacementTete(unsigned short distanceMm, uint8_t sens)
{
  tete.step((unsigned short) ((float) distanceMm * 200.0 * 25.0 / 15.0 / 8.0), sens, SINGLE);
  tete.release();
}
```

Chaque caractère Braille est encodé sur un octet : le bit de poids faible est un « 1 » si le point n°6 doit être poinçonné, autrement c'est un « 0 ». Les autres points sont codés de la même façon jusqu'au bit de poids 5 correspondant au point n°1.

Le texte est pour le moment entré à l'aide du moniteur série de l'environnement de développement intégré de la plateforme Arduino. Toutes les lettres de l'alphabet sont imprimables, tous les chiffres ainsi que quelques caractères spéciaux ("?", "!", "", ",", "-", "."). Le retour à la ligne se fait automatiquement une fois que 23 caractères ont été imprimés (nombre maximum caractères imprimables) ou il peut être provoqué en utilisant le caractère "\*".



0010 1110

*Exemple de codage de la lettre « N »*

## 9. Conclusion

Nous avons tous beaucoup apprécié travailler sur ce projet qui nous a apporté de nouvelles connaissances techniques et a développé notre capacité à travailler en équipe.

Plusieurs améliorations sont encore possibles, par exemple une interface moins austère pour entrer du texte, une connexion Bluetooth au téléphone, à la tablette ou à l'ordinateur pour imprimer sans fil, des batteries pour rendre le système facilement transportable et bien sûr un boîtier pour protéger les parties sensibles comme l'électronique. La vitesse d'impression pourrait également être augmentée en effectuant plus d'essais et d'affinages de configuration.

## Annexe

### Salon des Jeunes Inventeurs et Créateurs de Monts

La 20<sup>ème</sup> édition du Salon des Jeunes Inventeurs et Créateurs de Monts s'est déroulée les 28 et 29 mai 2016. Cinquante-huit projets ont été présentés lors du salon, y compris notre prototype d'imprimante Braille, qui a atteint la quatrième place de la catégorie « collectif senior », nous récompensant par la médaille d'argent du concours Lépine et une somme de 200 €.

Ceci fut une très bonne expérience pour nous tous. Nous étions heureux de présenter notre projet aux visiteurs et d'écouter leurs remarques. Plusieurs associations promouvant le Braille ont été intéressées par le projet et ont gardé nos coordonnées pour en discuter plus en détail plus tard.



*De gauche à droite : Benjamin Roulleau, Gilles Devillers, Boris Chardonneau et Armand Ribault*

---

## Programme

Nécessite d'installer la bibliothèque "AF\_Motor". Le code est à restructurer, notamment le parseur qui pourrait être refactorisé et optimisé.

```
#include <AFMotor.h>
#include <Servo.h>

/* ----- Paramètres Braille ----- */

#define CARACTERES_MAX 23
#define DISTANCE_INTERCARACTERE 6
#define DISTANCE_INTERLIGNE 12

/* ----- Paramètres imprimante ----- */

#define ID_TETE 1
#define ID_ROULEAU 2
#define PIN_CONTACT 2

#define DIAMETRE_ROULEAU 14.1

#define SERVO_HAUT_NEUTRE 88
#define SERVO_MILIEU_NEUTRE 88
#define SERVO_BAS_NEUTRE 96
#define DEBATTEMENT_SERVO 17 // En degrés

/* ----- Programme ----- */

AF_Stepper tete(200, 1);
AF_Stepper rouleau(200, 2);

Servo haut;
Servo milieu;
Servo bas;

const byte caracteres[] = {
    B100000, // A
    B110000, // B
    B100100, // C
    B100110, // D
    B100010, // E
    B110100, // F
    B110110, // G
    B110010, // H
    B010100, // I
    B010110, // J
    B101000, // K
    B111000, // L
    B101100, // M
    B101110, // N
    B101010, // O
    B111100, // P
    B111110, // Q
    B111010, // R
```

---

```

    B011100, // S
    B011110, // T
    B101001, // U
    B111001, // V
    B010111, // W
    B101101, // X
    B101111, // Y
    B101011, // Z

    B010110, // 0
    B100000, // 1
    B110000, // 2
    B100100, // 3
    B100110, // 4
    B100010, // 5
    B110100, // 6
    B110110, // 7
    B110010, // 8
    B010100, // 9

    B011010, // !
    B001000, // '
    B010000, // ,
    B001001, // -
    B010011, // .
    B011001 // ?
};

byte compteurCaracteres = 0;
bool dernierCaractereEstUnChiffre = false;

void setup()
{
    Serial.begin(9600);

    // Servomoteurs
    haut.attach(A5);
    haut.write(SERVO_HAUT_NEUTRE);
    milieu.attach(10);
    milieu.write(SERVO_MILIEU_NEUTRE);
    bas.attach(9);
    bas.write(SERVO_BAS_NEUTRE);

    // Capteurs fin de course
    pinMode(PIN_CONTACT, INPUT_PULLUP);

    byte i;
    for (i = 0; i < 2; i++) {
        while (digitalRead(PIN_CONTACT))
            ;

        delay(10); // Pour éviter les rebonds

        while (!digitalRead(PIN_CONTACT))
            ;

        delay(10); // Pour éviter les rebonds
    }
}

```

---

```

delay (1000);

// Moteurs pas à pas
tete.setSpeed(130);
rouleau.setSpeed(100);

while (digitalRead(PIN_CONTACT)) {
  tete.onestep(BACKWARD, SINGLE);
  delay(3);
}

delay(100);
deplacementTete(10, FORWARD);

attachInterrupt(0, arretUrgence, LOW);
}

void loop()
{
  if (Serial.available()) {
    byte c = Serial.read();

    if (c == '*' || compteurCaracteres >= CARACTERES_MAX) { // Retour à la ligne
      Serial.print("Retour:");
      Serial.println(compteurCaracteres);

      deplacementRouleau(DISTANCE_INTERLIGNE, BACKWARD);
      deplacementTete(DISTANCE_INTERCARACTERE * compteurCaracteres, BACKWARD);
      delay(100);
      compteurCaracteres = 0;
    }

    bool imprime = false;

    switch (c) {
      case ' ':
        imprime = true;
        break;

      case '!':
        poinconnerCaractere(caracteres[36]);
        imprime = true;
        break;

      case '\\':
        poinconnerCaractere(caracteres[37]);
        imprime = true;
        break;

      case ',':
        poinconnerCaractere(caracteres[38]);
        imprime = true;
        break;

      case '-':
        poinconnerCaractere(caracteres[39]);
        imprime = true;
        break;
    }
  }
}

```

---

```

case '.':
    poinconnerCaractere(caracteres[40]);
    imprime = true;
    break;

case '?':
    poinconnerCaractere(caracteres[41]);
    imprime = true;
    break;

default:
    if (c >= 'a' && c <= 'z' || c >= 'A' && c <= 'Z') {
        byte id;
        if (c >= 'A' && c <= 'Z')
            id = c - 'A';
        else
            id = c - 'a';
        poinconnerCaractere(caracteres[id]);
        imprime = true;
    }

    if (c >= '0' && c <= '9') {
        if (!dernierCaractereEstUnChiffre) { // Caractère de début de séquence de chiffres
            poinconnerCaractere(B001111);
            deplacementTete(DISTANCE_INTERCARACTERE, FORWARD);
            dernierCaractereEstUnChiffre = true;
            Serial.println("C:Prefixe chiffre");
            compteurCaracteres++;
        }
        byte id = c - '0' + 26;
        poinconnerCaractere(caracteres[id]);
        imprime = true;
    }
}

if (imprime) {
    Serial.print("C:");
    Serial.print(c);
    Serial.print('\n');

    if (compteurCaracteres < CARACTERES_MAX)
        deplacementTete(DISTANCE_INTERCARACTERE, FORWARD);

    if (dernierCaractereEstUnChiffre && !(c >= '0' && c <= '9')) // Si on n'a pas entré un chiffre
        dernierCaractereEstUnChiffre = false;

    compteurCaracteres++;
}

Serial.print("Pos:");
Serial.println(compteurCaracteres);
}

void poinconnerCaractere(byte caractere)
{
    if (caractere & B100000) {
        haut.write(SERVO_HAUT_NEUTRE - DEBATTEMENT_SERVO);
    }
}

```

---

```

if (caractere & B000010) {
    milieu.write(SERVO_MILIEU_NEUTRE - DEBATTEMENT_SERVO);
}

if (caractere & B000001) {
    bas.write(SERVO_BAS_NEUTRE - DEBATTEMENT_SERVO);
}

if (caractere & B100011)
    delay(300);

if (caractere & B000100) {
    haut.write(SERVO_HAUT_NEUTRE + DEBATTEMENT_SERVO);
} else {
    haut.write(SERVO_HAUT_NEUTRE);
}

if (caractere & B010000) {
    milieu.write(SERVO_MILIEU_NEUTRE + DEBATTEMENT_SERVO);
} else {
    milieu.write(SERVO_MILIEU_NEUTRE);
}

if (caractere & B001000) {
    bas.write(SERVO_BAS_NEUTRE + DEBATTEMENT_SERVO);
} else {
    bas.write(SERVO_BAS_NEUTRE);
}

if (caractere & B011100)
    delay(300);

haut.write(SERVO_HAUT_NEUTRE);
milieu.write(SERVO_MILIEU_NEUTRE);
bas.write(SERVO_BAS_NEUTRE);

delay(100);
}

void deplacementRouleau(unsigned short distanceMm, uint8_t sens)
{
    rouleau.step((unsigned short) ((float) distanceMm * 200.0 / (DIAMETRE_ROULEAU * PI)), sens, SINGLE);
    rouleau.release();
}

void deplacementTete(unsigned short distanceMm, uint8_t sens)
{
    tete.step((unsigned short) ((float) distanceMm * 200.0 * 25.0 / 15.0 / 8.0), sens, SINGLE);
    tete.release();
}

void arretUrgence(void)
{
    rouleau.release();
    tete.release();
}

```