
ELE3000

Version 1.0

Vincent Therrien

janv. 30, 2021

Table des matières

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Recherche | 2 |
| 1.1 | Motivation et présentation | 2 |
| 1.2 | Méthodes actuelles d'accès aux contenus multimédias | 2 |
| 1.3 | Prototypes d'afficheurs haptiques | 4 |
| 1.4 | Pistes de réalisation de l'appareil | 7 |
| 1.5 | Logiciels adaptés aux personnes atteintes de cécité | 8 |
| 2 | Plans | 9 |
| 2.1 | Conventions | 9 |
| 2.2 | Solutions | 10 |
| 2.3 | Évaluation des solutions | 12 |
| 2.4 | Choix définitifs | 12 |
| 2.5 | Plans finaux et matériel | 12 |
| 3 | Journaux hebdomadaires | 13 |
| 3.1 | Janvier | 13 |
| 3.2 | Février | 14 |
| 3.3 | Mars | 14 |
| 3.4 | Avril | 14 |

Ce projet, réalisé dans le cadre du cours **ELE3000 - Projet personnel en génie électrique**, consiste à réaliser un appareil numérique d’affichage d’images tactiles pour faciliter l’accès à des illustrations aux personnes ayant une déficience visuelle.

1.1 Motivation et présentation

Plusieurs technologies d'assistance permettent aux personnes ayant une déficience visuelle de consulter des contenus multimédias. Les synthétiseurs et assistants vocaux, par exemple, rendent la lecture et la rédaction de textes accessibles sur des supports numériques. Néanmoins, plusieurs illustrations difficiles à décrire textuellement (cartes, organigrammes, plans, etc.) se prêtent moins bien à ces outils ; c'est pourquoi des imprimantes à relief (aussi appelées « à embossage ») sont utilisées pour rendre ces illustrations accessibles par le sens du toucher en réalisant des *images tactiles*. Ces appareils sont toutefois dispendieux et l'impression sur papier ne permet pas d'interactions en temps réel comme des agrandissements d'une région ou le rafraîchissement d'un contenu.

Le but de ce projet est de réaliser un appareil numérique capable d'afficher des images tactiles, qui sont nommés *afficheurs haptiques*.

1.2 Méthodes actuelles d'accès aux contenus multimédias

Cette section présente des informations sommaires sur les moyens employés par les personnes ayant une déficience visuelle pour consulter des contenus multimédias.

1.2.1 Alphabet braille et équipement associés

Le braille, présenté en 1829, est un système d'écriture qui permet de représenter des lettres et autres symboles (entre autres mathématiques) à l'aide de points saillants.

Statistique Canada rapport une diminution constante du nombre de personnes capables d'utiliser l'alphabet braille ; moins de dix pourcent d'entre eux savent l'utiliser. Néanmoins, l'alphabet braille demeure utilisé par les personnes sourdes et aveugles, qui ne peuvent employer des technologie basées sur le sens de l'ouïe ¹.

Une *plage braille* est un appareil qui peut afficher des caractères brailles en temps réel. Ils fonctionnent avec un système de leviers actionnés par des matériaux piézoélectriques. Puisque le dispositif est volumineux, les plages braille ne peuvent afficher qu'une ligne de 40 à 80 caractères. Leur prix oscille entre 3500 et 15 000 dollars américains ².

1.2.2 Synthétiseurs et assistants vocaux

Des synthétiseurs capables de lire des textes sont intégrés à des systèmes d'exploitation et des logiciels. Plusieurs personnes aveugles les préfèrent à la lecture de caractère braille. Des outils pour dicter textes sont aussi disponibles.

Ces outils sont toutefois moins utiles dans certains contextes. Un exemple commun est celui d'une personne qui doit écrire et écouter en même temps, comme pour prendre des notes pendant une conversation téléphonique : une plage braille devient alors plus utile ³.

1.2.3 Images tactiles

Les images tactiles peuvent être imprimées pour représenter des concepts difficiles à expliquer textuellement. Les images sont réalisées de plusieurs manières :

- Un moule déformer une feuille de papier ou de carton pour y inscrire un motif ; cette technique est dispendieuse et surtout utilisée en impression à grande échelle.
- Une encre déposée sur le papier et chauffée soulève la surface pour y inscrire les motifs.

On ne peut pas simplement imprimer une image conventionnelle sous forme tactile. Il est nécessaire de la modifier pour s'assurer que les formes soient facilement identifiables au toucher. Des guides détaillés sur l'élaboration efficace d'images tactiles sont disponibles en ligne ⁴.

1. Mulholland, Angela. *With new technology, few blind Canadians read braille* (2010). <https://www.ctvnews.ca/with-new-technology-few-blind-canadians-read-braille-1.503149>

2. American Foundation for the Blind. *Refreshable Braille Displays*. consulté le 24 janvier 2021. <https://www.afb.org/node/16207/refreshable-braille-displays>

3. Helsinki University of Technology. *History and Development of Speech Synthesis*. Consulté le 25 janvier 2021. http://research.spa.aalto.fi/publications/theses/lemmetty_mst/chap2.html

4. Braille Authority of North America, Canadian Braille Authority / l'Autorité Canadienne du Braille. *Guidelines and Standards for Tactile Graphics*. Consulté le 25 janvier 2021. <http://brailleauthority.org/tg/web-manual/>

1.3 Prototypes d'afficheurs haptiques

J'ai répertorié un produit commercial qui peut afficher des images tactiles pouvant être rafraîchies :

- Écran à images tactiles par l'entreprise coréenne Tactisplay Corp. Peu de détails sont disponibles sur le fonctionnement interne de l'appareil, mais on note une grande résolution (plusieurs milliers de cellules) mais un poids encombrant (6 kg) et un prix vraisemblablement élevé.⁵.

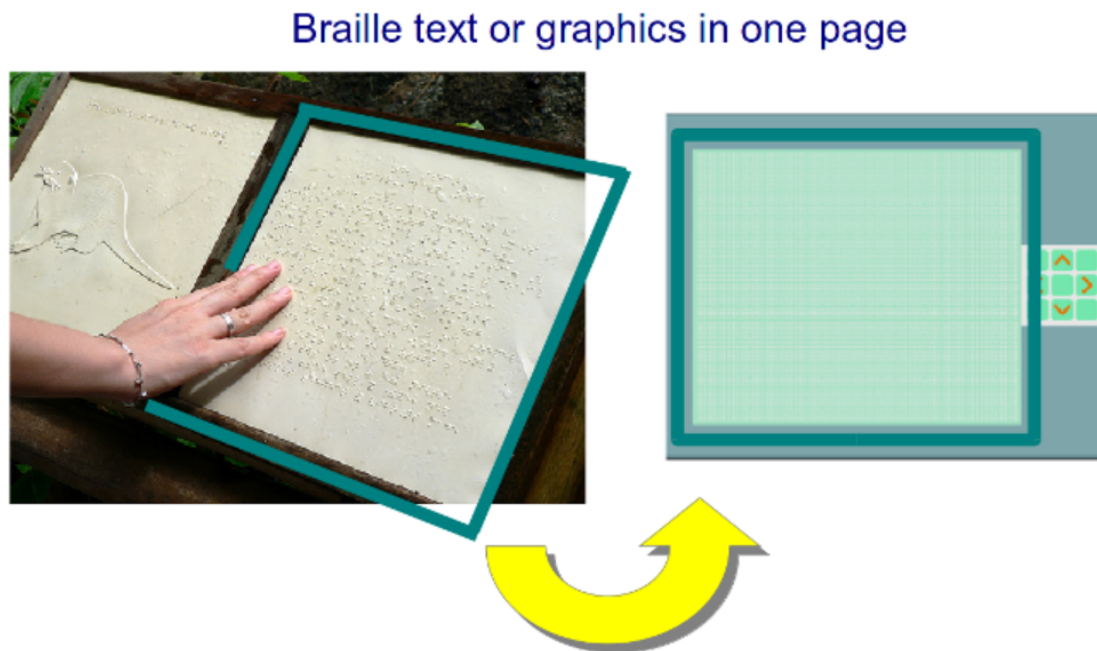


Fig. 1 – Schéma de fonctionnement de l'appareil de Tactisplay Corp.

Le prix de ces appareils est confidentiel : il faut contacter le fabricant directement pour l'obtenir et prévoir un délai de livraison de plusieurs mois. Certains avancent qu'ils coûtent au minimum 7000 dollars américains.

D'autres projets expérimentaux ont été développés dans l'optique de diminuer les coûts de fabrication :

1. Écran hyperbraille, un projet financé par le Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie en Allemagne. Un mécanisme piézoélectrique contrôle la position des broches⁶.

5. Tactisplay Corp. *Graphic Tactile Display*. Consulté le 26 janvier 2021. <http://www.tactisplay.com/graphic-tactile-display/>

6. Hyperbraille. *Das grafikfähige Display für Blinde*. Consulté le 26 janvier 2021. <http://www.hyperbraille.de/>

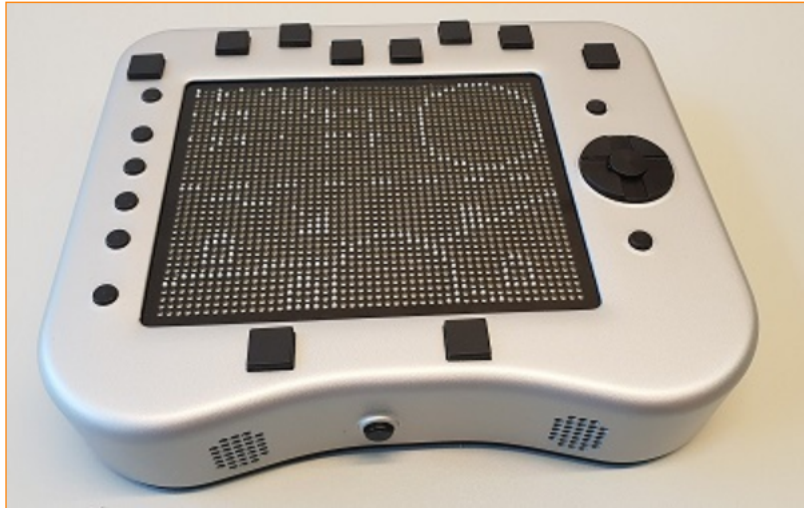


Fig. 2 – Afficheur haptique hyperbraille⁶

2. Projet « Blindpad » par l’Istituto Italiano di Tecnologia. L’écran a une résolution de 12 par 16 cellules. Les mouvements sont contrôlés par des électroaimants développés spécifiquement pour ce projet⁷.

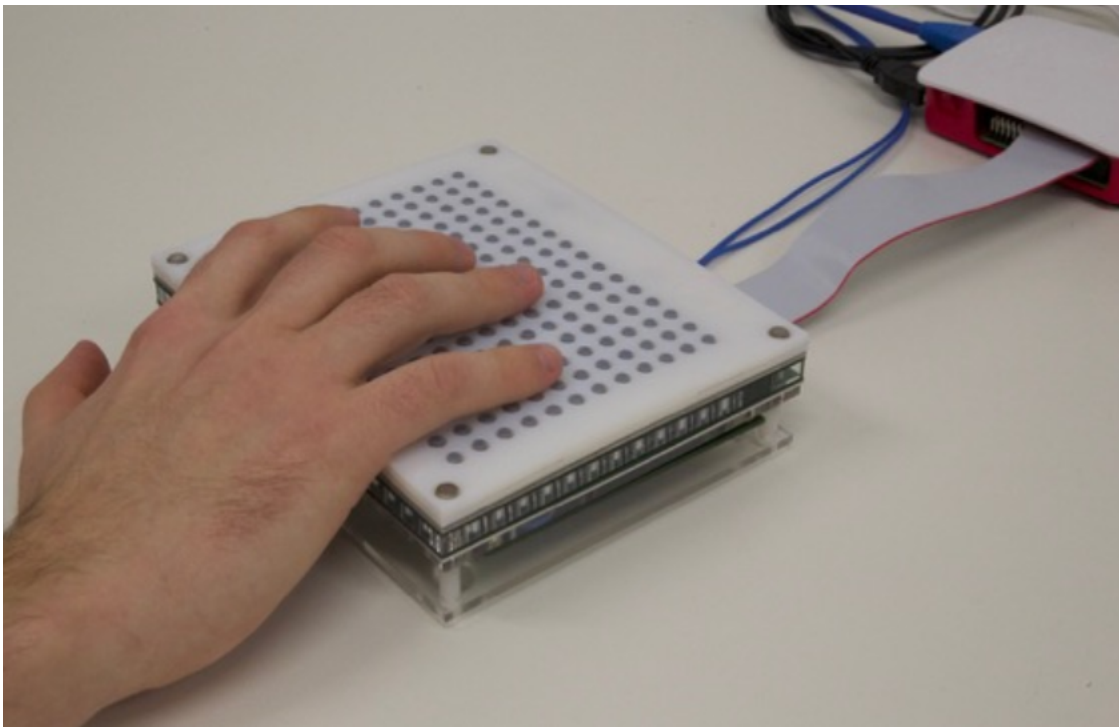


Fig. 3 – Prototype d’afficheur haptique par l’IIT⁷

3. Afficheur tactile par K. Zhang et al. L’appareil se distingue par sa capacité à afficher des images partiellement tridimensionnelles avec des broches dont la hauteur peut être contrôlée précisément. Par contre, le prototype requiert une alimentation de 320 V, ce

7. Blindpad. Consulté le 25 janvier 2021. <https://www.blindpad.eu/>

qui le rend moins pratique⁸.

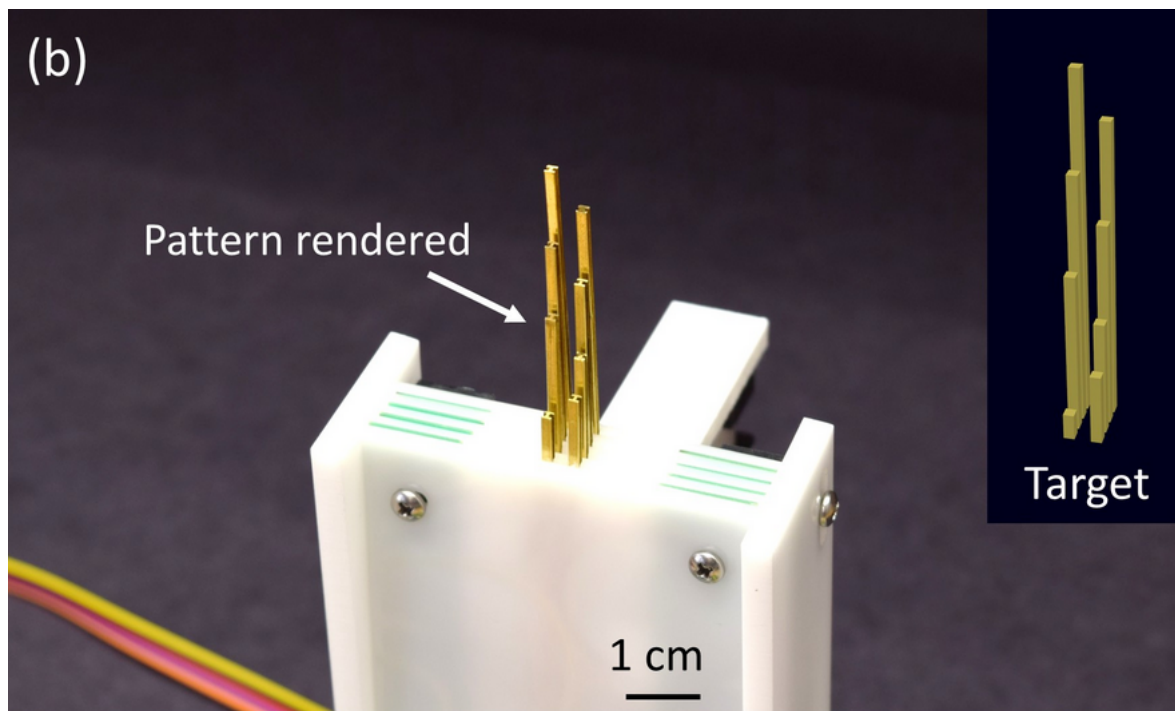


Fig. 4 – Prototype d’afficheur de Zhang et al.⁸

4. Afficheur pneumatique par S.O’Modhrain et al. Cet appareil utilise la pression d’un gaz pour actionner les cellules sur le pavé. Ce concept permet une plus grande résolution parce que les actionneurs n’ont pas besoin d’être placés directement sous les cellules, mais le contrôle de la pression entraîne des problèmes liés aux mécanismes pneumatiques (fuites, baisse de pression, etc.)⁹.

8. Zhang, Kai et Follmer, Sean. *Electrostatic Adhesive Brakes for High Spatial Resolution Refreshable 2.5D Tactile Shape Displays*. Consulté le 24 janvier 2021. <http://shape.stanford.edu/research/ElectrostaticAdhesiveBrakes/>

9. Atherton, Kelsey D. *Dynamic Touchscreen Could Display In Braille*. Consulté le 25 janvier 2021. <https://www.popsoci.com/new-touch-screen-design-could-display-in-braille/>

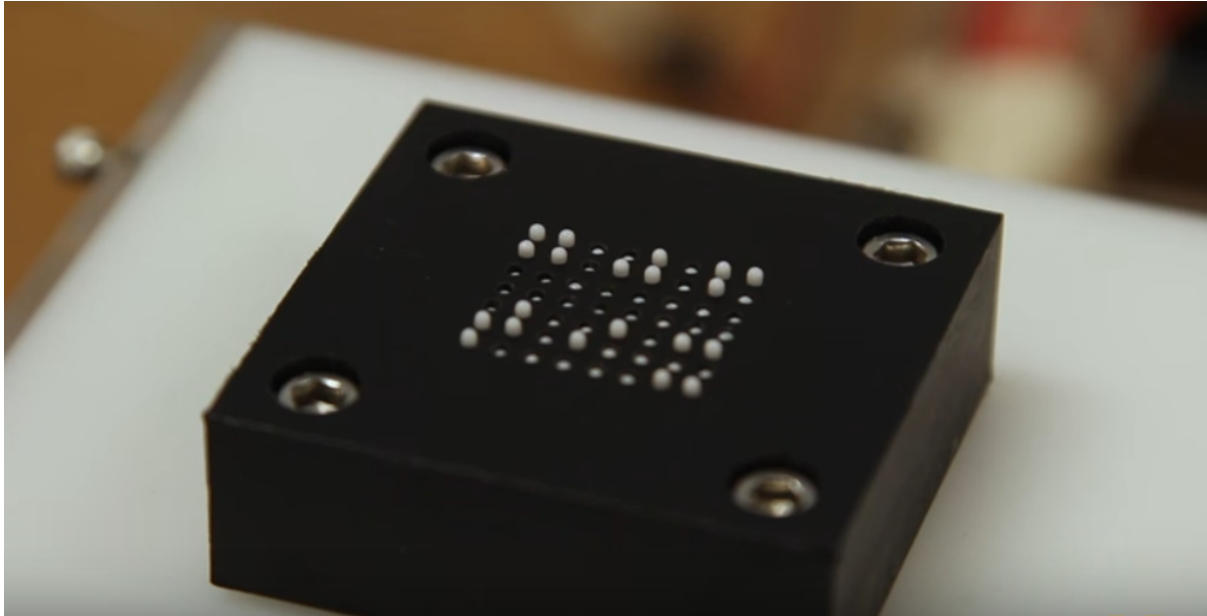


Fig. 5 – Prototype d’afficheur par S.O’Modhrain et al.⁹

1.4 Pistes de réalisation de l’appareil

On cherche ici à poser des idées utiles à la réalisation du projet en prenant appui sur les réalisations mentionnées ci-haut.

1.4.1 Constats initiaux

L’approche triviale pour concevoir l’appareil est d’installer un actionneur (mécanique ou piézoélectrique) sous chaque cellule pour les faire monter ou descendre. Bien que simple, elle entraîne plusieurs désavantages :

- Les matériaux piézoélectriques sont fragiles et dispendieux. De plus, comme ils se déforment peu (environ 0,1 % de leur volume), un petit levier doit amplifier le mouvement, ce qui augmente la complexité, la fragilité et le prix du système.
- Le système contient trop de pièces ; ça le rend difficile à assembler et lourd (l’appareil de Tactisplay pèse six kilogrammes).

Pour réaliser un appareil **abordable** et **ergonomique**, il faut donc diminuer le nombre d’actionneurs. On peut y parvenir avec un système mécanique séquentiel.

1.4.2 Critères d'évaluation

La qualité de l'appareil sera établie selon les critères suivants :

- Prix des matériaux
- Complexité de l'assemblage et nombre de pièces
- Temps de rafraîchissement (moins de huit secondes)
- Hauteur des cellules et distance entre elles
- Consommation d'énergie
- Ergonomie (poids et taille)

Ces critères correspondent aux éléments qui déterminent le prix de fabrication (matériaux, nombre de pièces) et l'ergonomie (rapidité, poids, etc.).

1.5 Logiciels adaptés aux personnes atteintes de cécité

Il existe des normes et recommandations pour concevoir des logiciels accessibles aux personnes ayant plusieurs handicaps. On compte, parmi les plus importantes :

- Les fonctionnalités du programme doivent toutes être accessibles avec un clavier, la souris étant difficile à contrôler pour certaines personnes.
- Les textes doivent pouvoir s'agrandir.
- Un synthétiseur vocal doit pouvoir lire le contenu du programme. Des systèmes d'exploitation (Windows, MacOS) intègrent ces outils tandis que des synthétiseurs gratuits sont aussi disponibles.
- Les couleurs ne doivent jamais être utilisées comme unique manière de transmettre une information.

La liste complète est disponible dans l'article de S. Burgstahler¹⁰.

10. Burgstahler, Sheryl. *Designing Software that is Accessible to Individuals with Disabilities*. Consulté le 26 janvier 2021. <https://www.washington.edu/doit/sites/default/files/atoms/files/Designing-Software-Accessible-Individuals-Disabilities.pdf>

CHAPITRE 2

Plans

Cette page présente des solutions envisagées ainsi que le plan définitivement retenu pour réaliser le projet.

2.1 Conventions

La section définit un glossaire pour identifier le sens de certains termes :

- **Image tactile** : illustration accessible par le sens du toucher
- **afficheur haptique** : appareil servant à afficher des images tactiles
- **Pavé** : matrice bidimensionnelle de cellules contrôlées verticalement destinée à afficher des images tactiles
- **Cellule** : élément du pavé pouvant s'élever ou s'abaisser. On rencontre aussi le mot *taxel* (de « texture » et « element », calqué sur la construction du mot « pixel »)

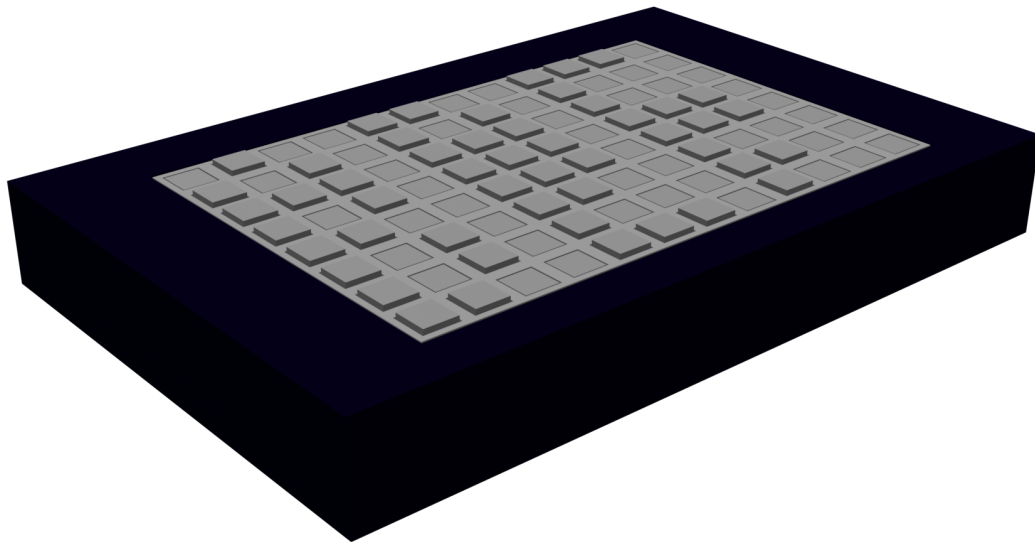


Fig. 1 – Apparence possible de l'appareil

2.2 Solutions

On peut séparer le projet en composantes principales réalisables séparément.

2.2.1 Module mécanique

Le module sert à contrôler la position des cellules. Dans tous les cas, pour placer une cellule en position haute, il faut :

- élever toutes les cellules d'une colonne avec un actionneur
- figer la position de la cellule visée avec une action mécanique horizontale.

Les mécanismes séquentiels envisagés diffèrent dans leur manière de préserver la position de la cellule.

Ressort de torsion

On peut utiliser un ressort de torsion qui s'insère dans une fente de la cellule.

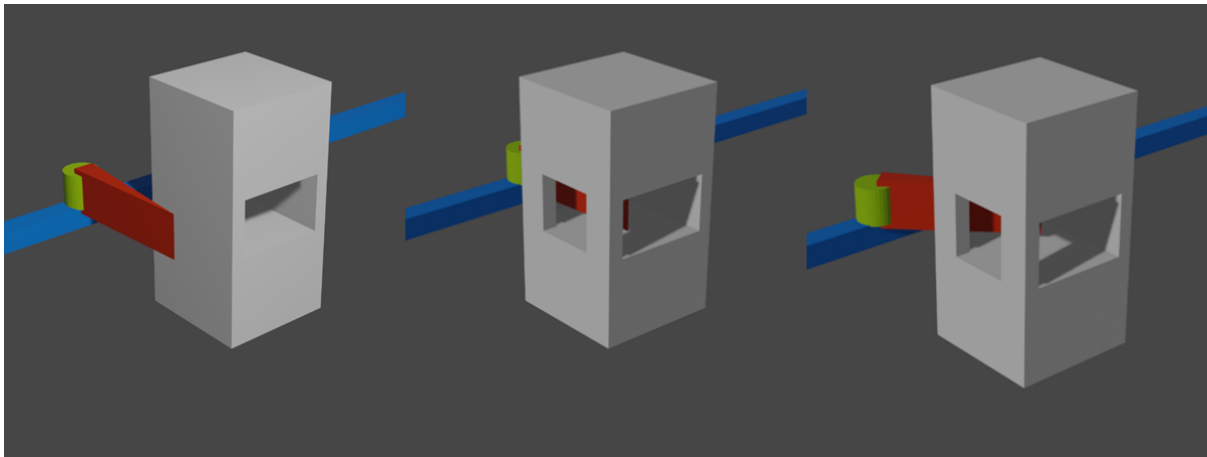


Fig. 2 – Séquence mécanique avec ressorts de torsion

Rotation des cellules

La position d'une cellule pourrait être maintenue en lui faisant effectuer une rotation de sorte qu'elle ne puisse plus glisser dans son guide de déplacement.

2.2.2 Circuit électronique embarqué

Le circuit embarqué dans l'appareil sert à :

- Recevoir un tableau bidimensionnel de valeurs booléennes qui indique quelles cellules doivent être élevées depuis une connexion USB branchée à un ordinateur
- Activer les actionneurs en les pilotant avec des transistors depuis ses sorties à usage général (GPIO)

Un circuit préliminaire réalisé sur une platine de tests peut suffire afin de valider son fonctionnement. Pour un système plus compact qui s'insère facilement dans l'appareil, un circuit imprimé (PCB) doit être conçu. Le logiciel KiCAD sera privilégié puisqu'il est gratuit.

2.2.3 Application frontale

L'application sert à :

- Sélectionner une image à afficher
- Convertir l'image (format PNG, SVG ou autre) en matrice bidimensionnelle de valeurs booléennes (pour déterminer la position des cellules)
- Naviguer dans l'image (agrandissement et défilement)
- Téléverser la matrice vers l'appareil par lien USB
- (optionnel) Proposer une interface interactive pour réaliser des images

Cette application n'a pas besoin d'être rapide. Les outils utilisés pour la réaliser doivent minimiser le **temps de conception** parce que c'est le critère le plus limitant dans le cadre du projet.

Le langage Python est adapté à ce projet parce que le prototypage est rapide. Contrairement à une interface Web élaborée avec HTML, CSS et Javascript, il sera plus facile avec Python

de communiquer avec l'appareil par port USB parce que le langage n'est pas limité par les protocoles de sécurité d'un navigateur Web.

Plusieurs bibliothèques permettent de réaliser des applications graphiques avec Python :

- Tkinter : très facile à utiliser mais d'une apparence digne du pire des années 90.
- wxWidgets : plus esthétique mais aussi plus complexe
- PyQt : plus flexible, mais plus difficile à installer

Je crois pour l'instant utiliser wxWidgets.

2.3 Évaluation des solutions

À faire

2.4 Choix définitifs

À faire

2.5 Plans finaux et matériel

À faire

CHAPITRE 3

Journaux hebdomadaires

3.1 Janvier

3.1.1 23

- Cours initial (présentation du cours et des objectifs de la semaine)
- Rédaction d'un document PDF de présentation sommaire du projet
- Recherche d'un professeur potentiellement intéressé par le projet dans la liste du personnel du département de GE (<https://www.polymtl.ca/ge/notre-departement>)
- Contact du professeur Richard Gourdeau et confirmation de sa direction du projet
- Rédaction de la description du projet ainsi que de l'échéancier; signature du professeur Gourdeau
- Création du journal

3.1.2 25

- Lecture sur les méthodologies de conception et le développement durable
- Second cours : validation de l'idée

3.1.3 27

- Commande de moteurs miniature pour les tester comme actionneurs
- Recherche sur les applications graphiques accessibles

3.1.4 30

- Fin de la recherche, génération de la documentation Latex

3.2 Février

3.3 Mars

3.4 Avril