

Livrable du projet J : **Rapport de conception finale de l'oeuvre d'art interactive**
Ambiance

Par:

Rahyma Abdo
Guy Abouna Zoa
Hicham Elbayadi
Hamadoun Issabré
Boris Mazimpaka

Code de cours : GNG 1503
Présenté à Mme Rubina Lakhani

Université d'Ottawa
Le 16 avril 2018

Abstrait

Dans le cadre du cours GNG 1503, génie de conception, l'équipe 2 de la section A a été mandatée de concevoir un projet interactif dont le but est de servir de décoration dans le nouveau bâtiment (STIM) sur le campus de l'Université d'Ottawa. Notre cliente, Mme Chantal Rodier, veut un projet artistique ayant pour but de servir de décoration au bâtiment tout en interagissant avec les passants. Avec notre projet, nous souhaitons non seulement interagir avec les passants, mais aussi les inciter à passer par le couloir où nous allons placer notre projet. Notre projet consiste à utiliser le son de la voix des personnes passants pour le convertir en jeux de lumières selon un code avec un algorithme décrit plus loin dans ce rapport. Ce rapport présente la démarche de design conduisant à la meilleure solution. Pour ce faire, nous avons identifié les besoins de la cliente, Mme Rodier. Par la suite, nous avons établi des critères de conceptions, basés sur les besoins posé par celle-ci. Par la suite, nous avons créer des conceptions préliminaires afin d'arriver à un produit final. Ensuite, le développement de la solution finale à été conceptualiser ainsi que ces prototypes. Chacun de nos prototypes a été soumis à des panoplies de test rigoureux standardisés , définies par les hautes normes du milieu technologique . Finalement, le prototype finale a subit une modélisation pour lui rendre ultime. Notre prototype final retenu répond parfaitement à tous nos critères d'efficacité. Il permet efficacement de représenter le côté interactif et artistique du projet.

Table de matières

<u>Titre</u>	<u>Page</u>
Abstrait	--
Introduction	16
Notre client et ses besoins principaux	18
Information sur du travail relié, la recherche et l'étalonnage	20
Critères de conceptions	22
Conceptions préliminaires	24
Solution finale	34
Modelisation	46
Stratégie de prototypage et plan d'essai	47
Conclusion et recommandations pour le futur	54

Liste des figures

Titre

Page

Figure 1. Inspiration 1

20



Figure 2. Inspiration 2

21



Figure 3. Esquisse du design de la conception préliminaire 1

25

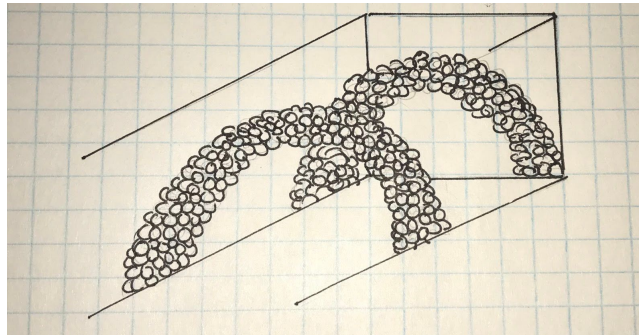


Figure 4. Esquisse de l'animation de la lumière de la conception préliminaire 1

27

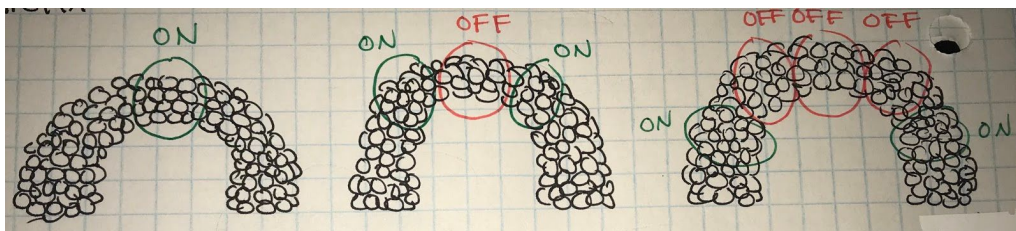


Figure 5. Esquisse du design de la conception préliminaire 2

29

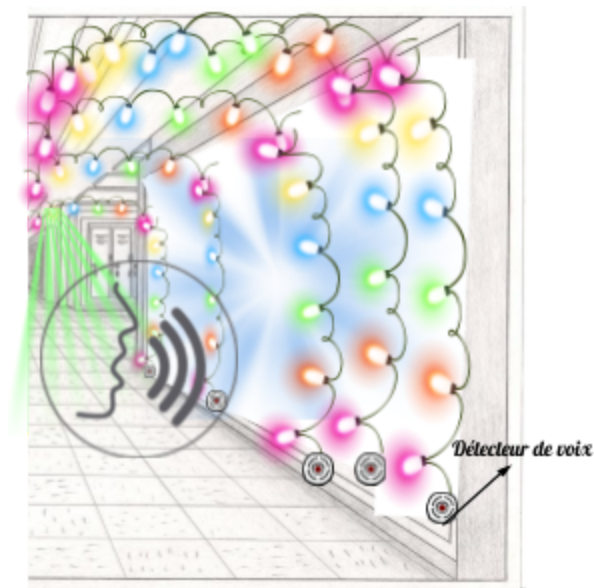


Figure 6. Esquisse du design de la conception préliminaire 3

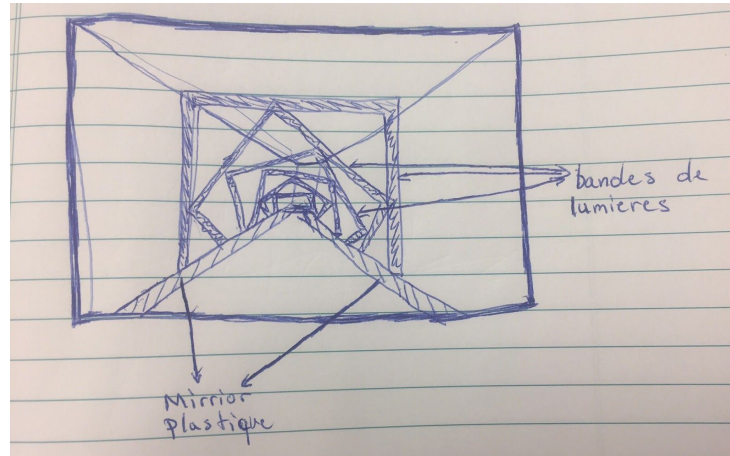


Figure 7. Diagramme de Gantt présentant notre plan pour le projet

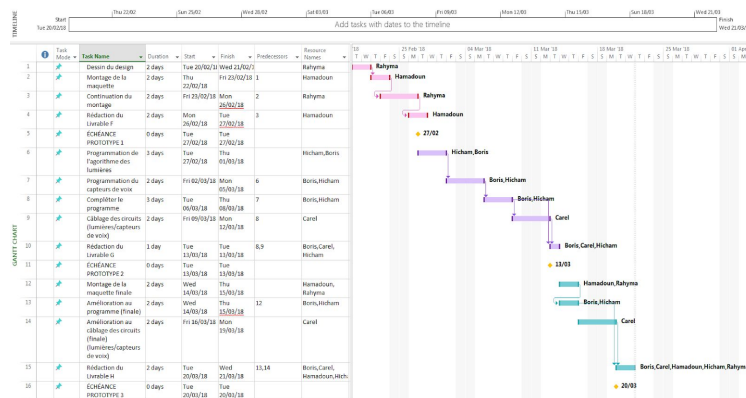


Figure 8. Representation du Prototype I

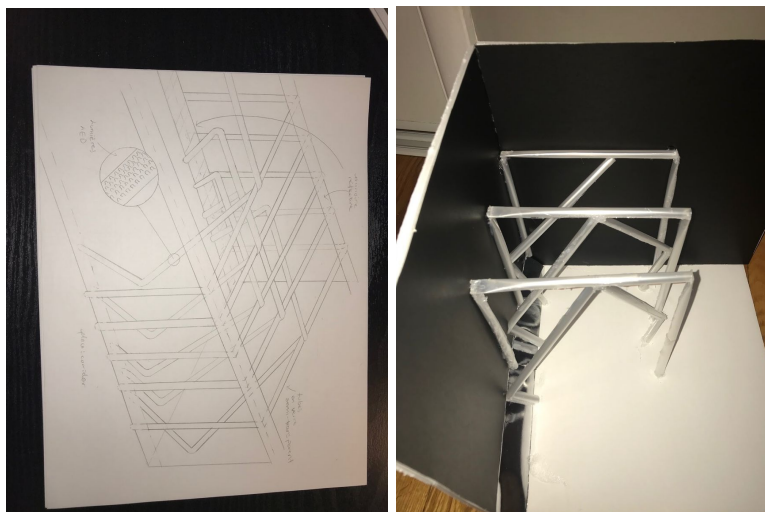


Figure 9. Representation du Prototype II

38

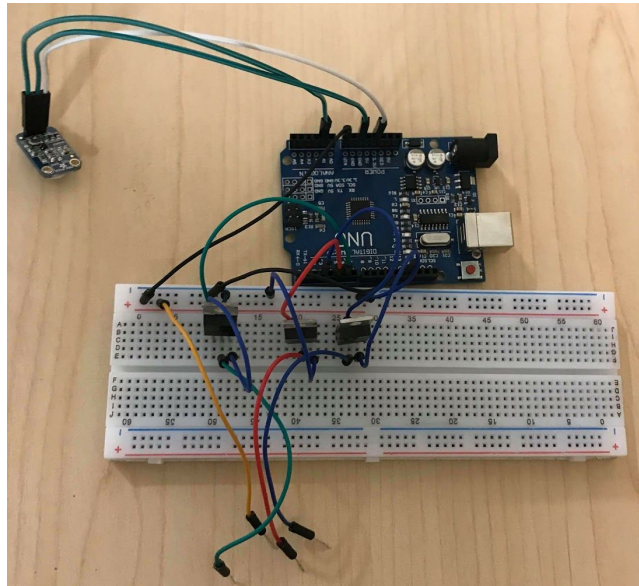


Figure 10. Representation du Prototype III

40



Figure 11. Représentation de la lumière Prototype III

42

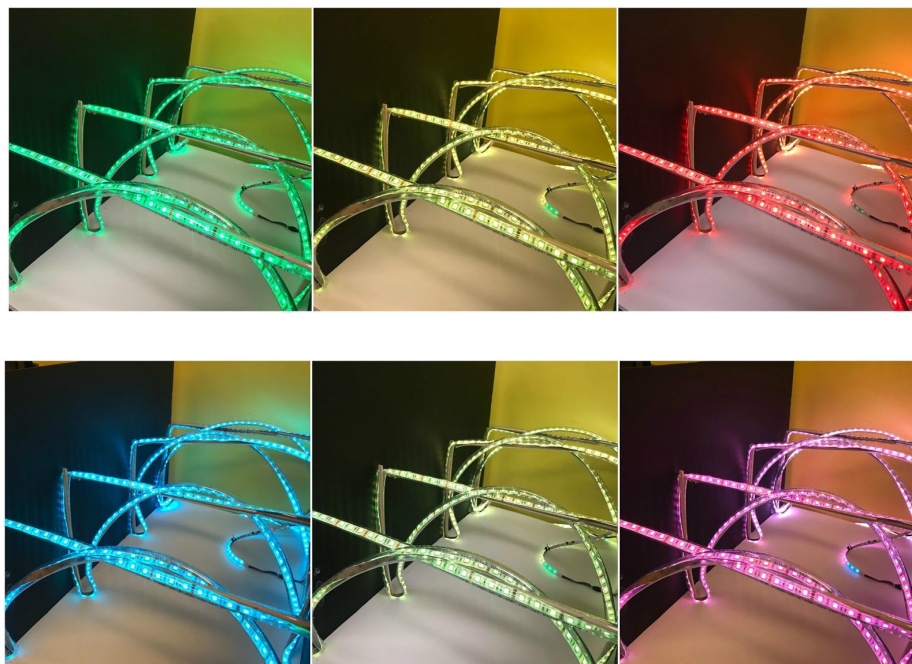


Figure 12. Plan du deuxième étage du bâtiment STIM

45



Listes des tableaux

Titre

Page

Tableau 1. La relation entre les caractéristiques possibles des voix des individus et leurs comportement de couleur

22

Caractéristique	Comportement	
Voix aigu 2001 Hz - 8000 Hz	Variation de couleur rose à bourgoin	
	Rose	À < ou = 30 décibels, une lumière de couleur rose serait émis
	Rouge	À 30-50 décibels, une lumière de couleur rouge serait émis
	Bourgoin	À > 50 décibels, une lumière de couleur bourgoin serait émis
Voix moyenne 513 Hz - 2000 Hz	Variation de couleur jaune à orange brûlé	
	Jaune	À < ou = 30 décibels, une lumière de couleur jaune serait émis
	Orange Claire	À 30-50 décibels, une lumière de couleur orange claire serait émis
	Orange Brûlé	À > 50 décibels, une lumière de couleur orange brûlé serait émis

Voix grave 80 Hz - 512 Hz	Variation de couleur turquoise à bleu foncé	
	Turquoise	À < ou = 30 décibels, une lumière de couleur turquoise serait émis
	Bleu	À 30-50 décibels, une lumière de couleur bleu serait émis
	Bleu foncé	À > 50 décibels, une lumière de couleur bleu foncé serait émis

Tableau 2. La relation entre les volumes possibles des voix des individus et leurs comportements 27

Volume	Comportement
Agréable (< ou = 30 décibels)	Vert
Acceptable (30 décibels - 50 décibels)	Jaune
Bruyant (> 50 décibels)	Rouge

Tableau 3. Variation de fréquence de la voix ainsi que du volume attribué aux différentes couleurs 28

Fréquence	Volume
Voix grave (80 Hz - 512 Hz)	Calme (voix < 37dB) = Bleu pâle Normal (37 dB < voix < 43 dB) = Violet Bruyant (43 dB < voix < 50 dB) = Radis
Voix moyenne (512 Hz - 2000 Hz)	Calme (voix < 37dB) = Vert pâle Normal (37 dB < voix < 43 dB) = Vert Bruyant (43 dB < voix < 50 dB) = Bleu
Voix Aigu (2000 Hz - 8000 Hz)	Calme (voix < 37dB) = Jaune pâle Normal (37 dB < voix < 43 dB) = Jaune foncé Bruyant (43 dB < voix < 50 dB) = Rouge

Tableau 4. La logique de l’algorithme des lumières du prototype 2

33

INPUT	OUTPUT
<pre>Void loop() if { Volume est entre 0 et 30 décibels }</pre>	Couleur bleu émise.
<pre>else if { Volume est entre 30 et 40 décibels } else if{ Volume est entre 40 et 50 décibels }</pre>	<p>Couleur jaune émise.</p> <p>-----</p> <p>Couleur verte émise.</p>
<pre>else { Volume est plus grand que 50 décibels }</pre>	Couleur rouge émise.

Tableau 5. La logique de la première algorithme des lumières du prototype III

37

INPUT	OUTPUT
<pre>Void loop() if { Volume est entre 0 et 30 décibels }</pre>	Dégradation de la couleur verte
<pre>else if { Volume est entre 30 et 50 décibels }</pre>	Dégradation de la couleur jaune
<pre>else { Volume est plus grand que 50</pre>	Dégradation de la couleur rouge

décibels }	
---------------	--


Tableau 6. La logique de la deuxième algorithm des lumières du prototype III

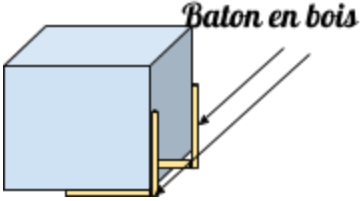
37


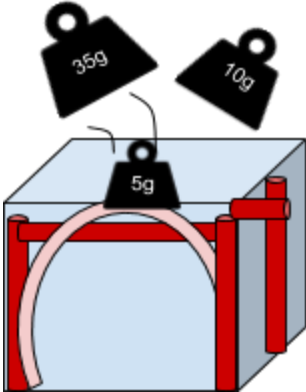
INPUT	OUTPUT
<pre>Void loop() if { Volume est entre 0 et 30 décibels }</pre>	Dégradation de la couleur bleu
<pre>else if { Volume est entre 30 et 50 décibels }</pre>	Dégradation de la couleur blanche
<pre>else { Volume est plus grand que 50 décibels }</pre>	Dégradation de la couleur rose


Tableau 7. Classement des résultats obtenus de plusieurs essais réalisés sur différents facteurs

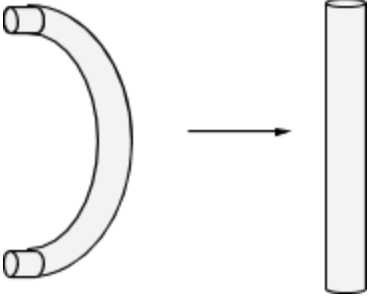

45

N°	Facteur contrôlé	Explication (il est important de considérer ce facteur car..)	Valeur numérique (métrique)	Fiabilité (en %)
A	Température des lumières DEL 	Les lumières sont en contact direct avec les tubes en plastiques. Ceci veut dire que si ces lumières atteignent une température au-delà du point de fusion des plastiques, ceux-ci vont commencer à fondre et donc gâcher la partie esthétique de notre prototype. On a déterminé que la température maximum des	Point de fusion du plastique = 135 °C	100%

		DEL est de 80 degré Celsius, une température inférieur au point de fusion du plastique.		
B	<p>Accrochage des murs</p> 	<p>On veut avoir un prototype stable et immobile. Au départ, lorsqu'on a accroché les murs des couloirs, ceux-ci était très flexible et facilement détachable. Il fallait alors essayer différentes pistes de solutions afin d'arriver à avoir un angle proche de 90° et que ceux-ci soient aussi immobile comme les murs dans de conditions réelles. Une des idées qui assurent leurs mobilités était de les attachés avec de la colle fondante et des agrafes. Cependant, cela a terminer par un échec car les murs n'arrivaient toujours pas à se tenir fermement droit. L'idée qui a résolu notre problème est d'attacher derrières les murs deux bâtons en bois qui sont à un angle de 90°. Après avoir établit cette solution, les murs ont été beaucoup plus droit et stable.</p>	<p>Un angle de 90°.</p> <p>Distance entre les batons = 10 cm.</p>	93%
C	L'attachement permanent des câbles aux lumières DEL.	<p>Les câbles de cavaliers (ou "jumper wires") qui attachent les différentes parties de notre prototype ensemble sont temporairement enchaîner les unes aux autres. Ceci pourrait engendrer des problèmes lors de nos présentations puisque ceux-ci peuvent facilement se détacher. Nous avons</p>	<p>Pour s'assurer que les câbles sont bien connecté, nous avons mesuré le voltages à ces points de connections pour vérifier s'il était au nombre maximal de volts (12). Input de 12</p>	90%

		<p>utilisé plusieurs manières d'accoler de façon permanente le prototype finale après la fin des modifications évidemment. Notamment, parmi ceux-ci inclus du soudage, de la colle spécial ainsi que des rubans de colle qui à la fois assure le flux de l'électricité le long du circuit que l'on a créer et permet la connection définitive des câbles.</p>	<p>volts au total et environ 1-2 volts autour des jumper wires.</p>	
D	<p>Force d'un poid sur les lumières DEL qui sont positionné horizontalement</p> 	<p>Nos lumières DEL s'enveloppent l'un sur l'autre lorsqu'ils font le tour le long du couloir. Ceci dit, il est important de s'assurer que la partie des lumières positionné horizontalement soit capable de soutenir le poid de l'autre bande de lumière DEL par dessus. Pour s'y prendre, nous avons tester la stabilité des bandes de lumières verticales ainsi que horizontale. Le matériel utilisé était des poids de 5 g, 10 g, 30 g et 35 g placé par-dessus les bandes de lumières. Les observations que nous avons constaté est que les bandes était capable de soutenir le 5g et le 10g mais qu'en approchant de 35 g, ceux-ci commencent à trembler. Puisque les doubles bandes pèse moins de 35 g, on a pu conclure qu'ils allaient bien soutenir la structure et qu'on était alors capable d'allonger l'un sur l'autre comme le démontre les photos</p>	<p>Poids de 5 g, 10 g, 30 g et 35 g.</p>	<p>80%</p>

		ci-dessous.		
E	Implémentation du code dans la carte-mère Arduino	<p>Lors de la programmation, il a fallu essayer plusieurs fonctions de codes Arduino. Nous avons essayé une variété de fonctions disponible sur le web ainsi qu'on a visionner une variété de vidéo afin d'apprendre la base de la programmation Arduino. Après plusieurs essais itératif, nous avons pu arriver à un juste programme qui répond à nos besoins. Notamment, on voulait que les lumières s'amortissent lentement lors de leurs transitions d'une couleur à une autre. Plusieurs fonctions ont été implémenté et plusieurs modifications au niveau de l'intervalle de décibels que le microphone capte ont été réalisés pour arriver à ce que les lumières s'amortissent.</p>	Aucune mesure ne s'applique.	89%
F	<p>Mise en place de différentes résistances</p> 	<p>Au départ, on a cru avoir besoin d'une grande quantité de résistances pour le breadboard. Il fallait faire plusieurs essais et changements de résistances. On est parvenu vers la fin à utiliser des transistors pour rendre les lumières plus illuminé et brillant à l'oeil. Nous n'avons pas eu besoin d'aucune résistance puisque les bandes de lumières DEL sont déjà équipés de résistances à l'intérieur.</p>	220-300Ω (ohm).	70%

G	<p>Élasticité des tubes en plastiques</p> 	<p>Lors de la conception de notre prototype, nous avons décidé d'utiliser du plastique transparent PVC. Ce matérielle a pour caractéristique principale d'être durable, tout en étant flexible. Le type de plastique acheté était de nature courbé. Ceci nous donner quelques problèmes puisque nous voulons que ceux-ci soient droit encore une fois à un angle de 90°. Il fallait alors performer des essaies de tractions dessus le tube pour le forcer à se tenir droit. L'une des manières que nous avons utilisé pour y arriver est d'enfoncer les mêmes bâtons en bois dans les tubes pour les aider à maintenir l'angle droit.</p>	<p>> ou = 55 MPA (Les essais de traction)</p>	<p>90%</p>
H	<p>La luminosité des lumières</p> 	<p>Lors de ce test, nous avions eu a déterminer l'intensité de la luminosité de notre bande de lumière DEL. D'une part, la luminosité est important à prendre en considération puisque certains utilisateurs sont sensibles à ceux-ci donc il faut s'adapter à cette contrainte. D'autre part, on veut être capable de bien voir les lumières malgré qu'ils soient dans un endroit lumineux. Alors, il fallait jouer avec le montant de voltage que l'on envoie à ceux-ci. On a été aussi capable de contrôler cela avec notre code Arduino.</p>	<p>Dépend du montant de voltage qu'on envoie vers les lumières DEL.</p>	<p>97%</p>

Introduction

Au vue de l'évolution objective de notre monde, il est difficile et même rare de se passer de la technologie quelque soit le domaine d'action dans lequel nous exerçons. Plusieurs projets de nature technologiques font la fierté de notre génération: la créations des voitures autonomes, l'informatisation du système bancaire, la prolifération des téléphones intelligents, l'apparition du phénomène des réseaux sociaux et bien d'autres encore. De part cette évolution, l'interaction humaine est devenu de plus en plus virtuelle : il apparaît normal de nos jours que des personnes avec des liens d'affinités se retrouvent dans la même pièce sans interaction réelle. Ce qui nous a collé une étiquette peu flatteuse de “génération tête baissée”. Nous vivons donc dans une ère plus technologique mais avec des individus qui socialisent moins. Conscient de cet inconvénient causé par les nouvelles technologies, les acteurs du monde technologique à l'instar de Madame Chantal Rodier se sont orientés vers des innovations qui permettent d'allier l'art et la science, afin d'améliorer le côté humain de la technologie. C'est dans cet optique qu'est né le concept de “projet d'art public”. En sa qualité de professeur d'art visuel à l'Université d'Ottawa, Madame Rodier a fait part au début de la session d'un concours de projet de conception réelle ouvert à tous les étudiants de l'université désirant rivaliser d'adresse avec pour thème : **l'Art Interactif**. Le but ici est donc de concevoir une oeuvre d'art interactive pour le nouveau bâtiment STIM en fonction des spécifications de la cliente du concours. Ces besoins peuvent être regroupés en plusieurs catégories : esthétique, interactif/ludique, fonctionnel/critique et intellectuel/éthique. L'utilisateur doit donc être en mesure de pouvoir apprécier la beauté ou l'esthétisme du projet car c'est avant tout un projet artistique. Il doit aussi pouvoir interagir de façon automatique avec l'oeuvre d'art tout en observant la réussite l'interaction désiré. Il doit aussi être en mesure de pouvoir communiquer avec les autres utilisateurs, ce qui doit témoigner ici de l'amélioration du coté social de la technologie. Et enfin, la sécurité et la santé de ce dernier ne doivent pas être mise en danger. Dans ce rapport, nous ferons donc un résumé de toutes les étapes du “Design Thinking” utilisées pendant la session afin de concevoir notre prototype final intitulé

Ambiance. Ce concept s'appuie sur les critères de conception résultants de la phase d'empathie effectué au Livrable B. Il s'appuie aussi sur de nombreuses spécifications de conception de la cliente. Notre concept est un couloir en forme de rectangles jumelés avec des spirales dans lequel des jeux de lumières incorporés dans les supports émettent différentes lumières en fonction des caractéristiques de la voix de différents individus. Ainsi, les passants pourront donc interagir avec notre couloir lumineux. Notre concept est donc unique et meilleur car il satisfait toutes les conditions nécessaires pour un excellent projet d'art public. Entre autres, l'installation de l'oeuvre dans les locaux du bâtiment STIM élargie et améliore notre sentiment d'identité et d'appartenance à l'Université d'Ottawa. Grâce à sa nomenclature physique particulière, notre concept est intéressant esthétiquement et engageant pour notre communauté universitaire. Aussi, grâce à l'interaction voix-lumière de la structure, une relation entre l'architecture et la communauté est créée. Et enfin, son côté interactif met l'observateur au défi d'engager une conversation afin de faire fonctionner l'algorithme des lumières, ce qui est un exemple parfait de l'utilisation de la technologie pour mieux socialiser.

Notre client et ses besoins principaux

Au début du semestre, notre client, Mme Chantal Rodier, a préparé une présentation informative sur le projet ainsi que sur sa biographie. Notamment, par l'entremise de cette présentation, nous avons compris la personnalité de celle-ci et on a pu se disposer à empathiser avec la cliente. Pendant ses études, elle a suivi des cours pour l'obtention d'un baccalauréat en art visuels et science informatique. Lors de sa carrière, elle a travaillé pour divers compagnies reconnues et elle a aussi réalisé plusieurs triomphes. Elle a entamé sa carrière en travaillant avec la station de train CN Via Rail, située à Ottawa, en tant que contrôleur de transit. Ensuite, elle a occupé un poste avec la compagnie Virtual Prototypes Inc en tant que programmeur dans le Web. Elle a fini par occuper un poste à l'Université d'Ottawa où elle enseigne de l'art visuel. Elle a aidé l'artiste Hélène Rochette à conceptualiser l'oeuvre d'art pour le nouveau bâtiment crossroads (CRX) nommée Connectivi-t. Elle a aussi pris part à la conceptualization de l'installation d'une oeuvre d'art sonore contrôlée à l'ordinateur en 2006. De plus, elle a contribué à l'idée de reconstruire les yeux de James Boyd (1972) dans le nouveau bâtiment en construction nommée STIM. C'est dans ce même bâtiment où l'on installera l'oeuvre d'art du gagnant du concours Makerspace. En bref, cette présentation a ressorti les intérêts et les préférences de notre cliente, ce qui mène à une analyse de sa personnalité afin de satisfaire ses besoins lors de la création de nos prototypes. On a pu alors procéder par le processus de l'empathie pour creuser dans la personnalité de notre cliente. Ceci nous a permis de déduire les besoins requis par la cliente pour notre produit.

Au cours de la conférence présentée par la juge du concours, les besoins du client ont été exposés. Ces besoins sont la synthèse des différents problèmes et doléances de l'utilisateur principal de l'oeuvre d'art qui est le grand public. Ces besoins sont de diverses natures. Les besoins à prioriser dans le projet sont à la fois d'ordre fonctionnels, esthétiques, ludiques et éthiques. L'aspect principal à prioriser est l'aspect fonctionnel. En effet, afin de pouvoir détecter les autres aspects du projet, il est impératif que notre prototype soit réaliste et fonctionnel. Ensuite, l'aspect esthétique est d'une grande importance dans

la conception du projet car, c'est avant tout un projet artistique. La cliente a donc mis un accent particulier sur le côté beau, rare et créatif de notre futur prototype. Ensuite, elle a insisté sur l'aspect ludique que doit avoir le prototype. En effet, le côté interactif fait parti entière de l'aspect ludique du projet. Il est donc important que l'oeuvre d'art puisse interagir de manière automatique avec les utilisateurs. L'autre aspect à prioriser est l'aspect éthique. En effet, un projet artistique est meilleur s'il est novateur et utile pour la société. Un projet novateur représente donc une avancé technologique pour la société car le progrès naît sur la base d'une idée nouvelle. Donc, la technologie utilisée pour ce projet doit servir d'exemple pour les projets futurs. Le projet doit donc être un projet réaliste et futuriste incluant l'art, l'amusement, et l'innovation.

Comme besoins secondaires à prendre en compte pendant la conception, nous avons entre autres le respect de l'environnement, le respect de la tranquillité des alentours et l'assurance de la santé des utilisateurs. Au vu du monde dans lequel nous évoluons, il serait nécessaire et naturel d'allier technologie et écologie dans ce projet. Le concept ne doit pas être trop bruyant et envahissant afin de respecter la vie privée du voisinage. Enfin, en ce qui concerne la santé des utilisateurs, on doit s'assurer que notre concept respecte les hautes normes sur la santé publique.

Ceci dit, nous avons pu créer une énoncé du problème approprié quelques phrases pour ce projet:

Il en ressort que la problématique finale du projet est de créer une installation artistique interactive pour le bâtiment STIM mandaté par la cliente et la juge Chantal Rodier du concours 'Makerspace'. Ce produit devrait être une oeuvre qui est à la fois fonctionnel, artistique/esthétique, ludique et éthique pour le public. De plus, il doit être conforme aux normes de sécurité mise en place par l'administration du concours 'Makerspace'.

Information sur du travail relié, la recherche et l'étalonnage

Dans le monde moderne, toutes sortes de projet existe, notamment des projets qui peuvent ressembler de près ou de loin au nôtre. Pour cette raison, il très important, avant d'entreprendre un projet, de faire des recherches pour vérifier l'authenticité et la faisabilité d'un projet.

Lors de nos recherches, nous avons pu trouver plusieurs assez similaires au nôtre. Le projet suivant utilise des masques divers qui produisent de la lumière pour faire un visage quelconques à l'aide du son de la musique. Conçus par la compagnie québécoise Outline Montréal, le masque a connu beaucoup de succès. Le masque LED retranscrit toute sorte de musique et tout type de rythme dans des illuminations spéciales. Bien que la compagnie ait décidé de ne pas divulguer le mécanisme réel de leur masque, nous soupçonnons la présence d'un capteur de son et d'un système embarqué qui fait la conversion du son à la lumière.



Figure 1. Inspiration 1

De toutes les sources que nous avons trouvé au cours de nos recherches, la compagnie qui a le plus inspirée est la compagnie LED Montréal. C'est une compagnie montréalaise qui se spécialise dans les projet avec les lumières LED de toutes sortes. Ils installent plusieurs décorations intérieur avec les lumières d'ambiance de couleurs changeante. Un peu comme notre projet, ils font un effet très plaisant visuellement avec les différentes lumières. Une grande partie de notre projet a été inspirée par les travaux de cette compagnie.



Figure 2. Inspiration 2

Critères de conceptions

Après avoir identifier les besoins de la cliente, il était temps de transformer ces derniers en des critères de conception techniques et non-techniques afin de mieux évaluer la faisabilité de notre projet. Le but de cette phase est donc de classer les critères de conceptions par ordre de priorité en s'appuyant sur les critères fonctionnelles, non fonctionnelles et aussi les contraintes imposées à la solution finale.

Puisque les besoins exposés étaient de natures fonctionnelles, esthétiques, ludiques et éthiques, il fallait donc trouver une solution qui, à la fois, satisfait à tous ces critères. C'est-à-dire que la solution soit amusante, moral, attrayante et qui fonctionnent sans défaillances. Ces derniers ont été satisfaits par le début de l'abstraction de notre oeuvre artistique. Tout d'abord, il faut mentionner que les critères fonctionnelles sont des exigences de conception qui affectent l'utilité de notre solution. Pour les exigences fonctionnelles, une première exigence est la distance de l'installation de notre oeuvre d'art. La longueur du couloir doit correspondre à peu près à la longueur de notre oeuvre d'art. Par la suite, il y a la luminosité de nos bulles de lumière et leurs intensités que l'on doit tenir en compte lorsqu'on est dans le montage de notre oeuvre. Une autre exigence fonctionnelle est le détecteur de voix qui capte la voix diffusé dans le couloir. Le détecteur de voix capte à la fois l'amplitude des ondes, soit disons le volume, ainsi que le ton de la voix. Il est important de prendre en compte la voix d'une personne puisque celui-ci est distinct d'une personne à une autre.

Pour les exigences non-fonctionnelles, ceux-ci n'affectent pas tant la fonctionnalité du produit. Alors, ils sont plutôt des exigences à considérer après l'analyse complète des exigences fonctionnelles. Premièrement, le critère que nous considérons dans la conception est l'esthétique du produit. Puisque le projet porte sur un sujet artistique, son esthétique devient donc assez important dans sa conception. Il faut que notre produit incite les personnes passant à côté à s'y intéresser. Deuxièmement, nous pensons que la durée de vie du projet doit être la plus longue possible, c'est pour cela que nous utilisons des parties de qualité qui nous permettront de garantir une durée de vie optimale. Dernièrement, puisque nous tenons à

ce que notre produit soit durable et fiable, nous tenons à ce que l'entretien de celui-ci soit facile et peu coûteux. Pour cette raison, nous tenons à utiliser des produits très fiables, mais faciles à remplacer.

D'une autre part, les contraintes sont un aspect important lors de la conception d'un produit puisque ça te permet d'évaluer l'efficacité du produit à des restrictions mises suite aux règles de sécurité. Elles définissent les limites de ce que l'on peut faire avec notre projet et les obligations que nous devons appliquer pour que notre produit soit acceptable sur le plan sécuritaire. Pour cette raison, la contrainte la plus importante que nous avons dû respecter est la force maximale de lumière produite par notre installation artistique. Nous avons testé les lumières à divers niveaux de voltage pour voir l'intervalle d'intensité de la lumière. Avec cela, nous avons pu rendre notre produit beaucoup plus sécuritaire. Une autre contrainte était le budget pour la création de nos prototypes. Les moyens financiers étant assez bas, nous devons réussir à réaliser ce projet tout respectant le budget restreint. Pour terminer, l'installation artistique doit avoir une dimension qui puisse être conforme aux normes du bâtiment et aux normes écologiques.

Pour arriver à construire un prototype qui comble nos exigences, il est important de tenir en compte des différents attributs mesurables. Tout d'abord, pour que notre œuvre puisse émettre de la lumière, on doit capter des sons. Nous avons tiré de ces métriques suivantes, des spécifications cibles à respecter. Pour faire ceci, nous avons installé des capteurs de son le long du corridor où les gens vont traverser (alimentation électrique de 12V). La voix humaine a plusieurs propriétés et, dans le cadre du projet, nous étions intéressés à la fréquence et à la puissance de la voix (Volume). D'après nos recherches, la fréquence de la voix varie entre 80 Hz et 8000 Hz. La puissance de la voix varie entre 10^{-7} et 10^{-9} Watt (W) ou 30-50 Décibels. Nous étions servis de ces caractéristiques pour coder les lumières dans le logiciel de programmation Arduino. Les bandes LED sont avantageuses car elles sont malléables et durent plus de 50 000 heures. La luminosité est la première chose à considérer, on mesure la luminosité en Lumens plus spécifiquement des Lumens par pied lorsqu'on parle de bandes LED. Nous allons donc utiliser des bandes

industrielles (comme dans les hôtels) qui sont entre 375-562 Lumens par pied pour le projet réel mais pour le prototype nous avons seulement besoin entre 156-562 Lumens par pied. Finalement, les bandes LED sont aussi classées par taille. Chaque LED indépendante à une taille donc, plus la taille est grande plus lumineux est le LED et plus l'espace entre deux LED consécutives est grand. Donc, pour notre prototype nous utiliserons une petite taille puisque l'espace couvert est petit. Nous allons utiliser les bandes SMD 3528. Ces spécifications mesurables agiront comme guide lors de la sélection des matériaux.

Conceptions préliminaires

Suites de la synthèse des critères de conceptions, nous sommes prêts à conceptualiser les solutions potentielles finales. Comme présenté dans le Livrable D : Conception Préliminaires, nous avons pu créer trois conceptions préliminaires subdivisés en deux sous-systèmes critiques: le design qui présente le côté artistique du projet et la fonctionnalité.

Conception préliminaire 1

Design

En ce qui concerne le design, cette première conception préliminaire à explorer l'idée des bulles qui recouvre un tunnel en forme de spirale. Ces sphères en verres de tailles multiples (minimum 16 cm³, max 50 cm³) contiendraient les lumières DEL. Le matériel des bulles ne fondra pas, contrairement à un matériel plus mou tel que le plastique, à force qu'il soit rapprochée au chaleur des lumières puisqu'il est plus dense. De plus, ces sphères seront de verres semi-transparentes comme matériaux. Le peu de transparence provenant du verre permet la visibilité des lumières ainsi qu'à l'obscurité des petites ampoules, ce qui préserve l'esthétique du design. En plus, la distance de l'oeuvre interactive serait d'environ 6 mètres de long et s'allongera jusqu'au plafond des milieux d'installations comme hauteur. Un désavantage de cette idée de design est que le matériel serait coûteux: le verre est moins abordable en lui

comparant avec le plastique. En profondeur, puisque le verre est un matériel lourds, il faudrait un système d'attachement très puissant et intelligent qui va permettre le soutien de l'installation de l'oeuvre au plafonds et au mur du couloir. Donc, il demanderait plus de l'argent et de maintien pour préserver l'effet voulu de l'oeuvre d'art.

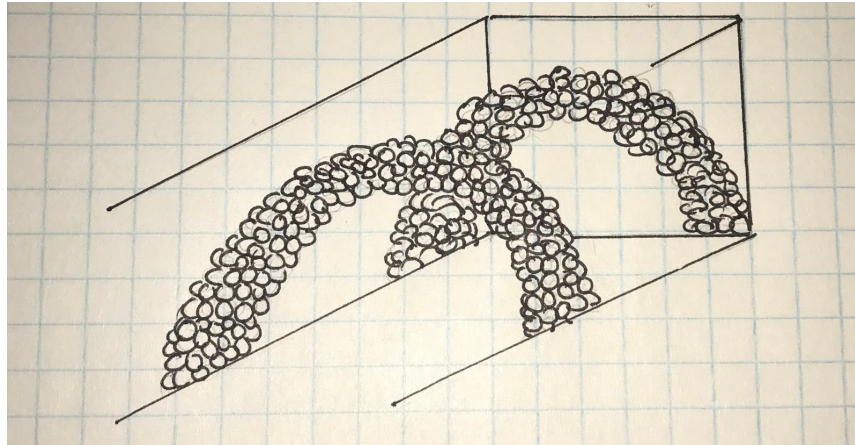


Figure 3. Esquisse du design de la conception préliminaire 1

Algorithme des lumières

Le deuxième sous-système critique à développer est l'algorithme des lumières. Ce sous-système critique est crucial au fonctionnalité (interactivité) de l'oeuvre. Comme mentionnée, nous utiliserons un outil de programmation qui permet de créer une séquence de comportement lumineux. Ces comportements dépendent de la voix de l'individu. C'est-à-dire, les lumières s'animeront dépendamment des caractéristiques de la voix de la personne. Les caractéristiques seront analysées d'après le volume de l'individu et sa fréquence. Voici un tableau qui représente les couleurs émises dépendamment des caractéristiques de la voix :

Tableau 1. La relation entre les caractéristiques possibles des voix des individus et leurs comportement de couleur

Caractéristique	Comportement
Voix aigu 2001 Hz - 8000 Hz	Variation de couleur rose à bourgoin

	Rose	À < ou = 30 décibels, une lumière de couleur rose serait émis
	Rouge	À 30-50 décibels, une lumière de couleur rouge serait émis
	Bourgoin	À > 50 décibels, une lumière de couleur bourgoin serait émis
Voix moyenne 513 Hz - 2000 Hz	Variation de couleur jaune à orange brûlé	
	Jaune	À < ou = 30 décibels, une lumière de couleur jaune serait émis
	Orange Claire	À 30-50 décibels, une lumière de couleur orange claire serait émis
	Orange Brûlé	À > 50 décibels, une lumière de couleur orange brûlé serait émis

Voix grave 80 Hz - 512 Hz	Variation de couleur turquoise à bleu foncé	
	Turquoise	À ≤ 30 décibels, une lumière de couleur turquoise serait émis
	Bleu	À 30-50 décibels, une lumière de couleur bleu serait émis
	Bleu foncé	À > 50 décibels, une lumière de couleur bleu foncé serait émis

Un autre détail à ce sous-système est que nous voulons que les lumières s'éteignent de manière intéressante: lorsqu'une région d'ampoules s'allume, elle s'éteint rapidement pour que celles adjacentes s'allument et ainsi de suite. Ces ampoules auront un intensité lumineuse de 375-562 Lumens. Voici un schéma qui explique ce conception:

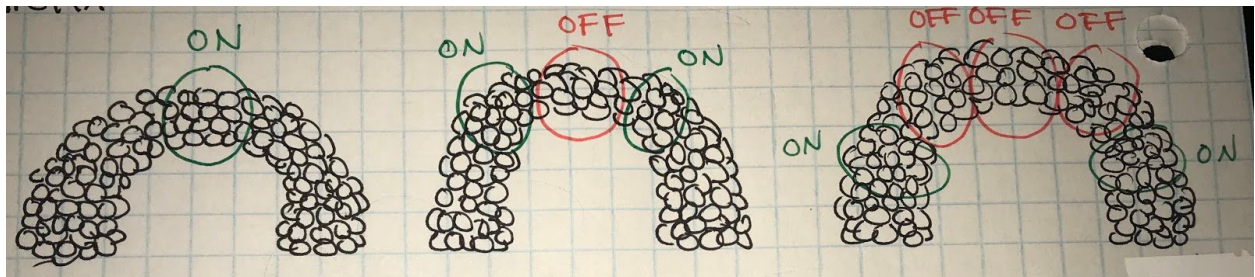


Figure 4. Esquisse de l'animation de la lumière de la conception préliminaire 1

Il existe des désavantages pour ce sous-système critique. Ces abstractions étant la programmation d'Arduino. Les détails des jeux de lumières seraient très complexes à programmer: Il faudrait que ce programme assure qu'à partir de la région la plus proche de l'oeuvre, les lumières se comportent comme conçu. Aussi, ce même programme garantirait que plusieurs voix peuvent interagir avec l'installation en même temps (donc, aucune exclusion de voix va avoir lieu). Alors, ces détails de conception ainsi que les jeux de lumières seront assez difficiles à incorporer dans le programme Arduino. Une autre

désavantage est au niveau de la sécurité. une contrainte à considérer est la force de la lumière et sa fréquence. Ces dernières peuvent causer des attaques épileptiques. Donc, il n'est pas nécessairement le plus sécuritaire. La dernière aspect à considérer est l'éthicité de l'oeuvre d'art. Une utilité pertinente derrière ce produit est crucial pour mieux répondre au besoin éthique demandé par le client. Ceci dit, l'interaction des individus à l'oeuvre d'art permettra au maintien d'un volume agréable pour l'étude. Comme mentionné, notre oeuvre d'art sera installée dans un milieu d'étude. Donc, pour renforcer le maintien d'un volume acceptable, l'art indiquera aux individus présentes qu'ils sont trop bruyantes. Ceci sera indiqué par les couleurs foncées à > 50 décibels dépendamment de leur caractéristique de voix (voir Tableau 1). Le désavantage de cette conception est que les lumières multicolores pourraient distraire les étudiants pendant l'étude.

Conception préliminaire 2

Design

Lors de notre prise de décision au Livrable C : Critères de conception et spécifications cibles, l'une des idées esthétiques pour l'oeuvre d'art était d'avoir des lumières de type diode électroluminescente (DEL) le long du couloir. Mais, les lumières seront disposés de sorte à ce qu'elles constituent une forme artistique étant des demi-cercles sur les murs. De plus, nous avons voulu utiliser un genre de filtre autour des lumières DEL pour qu'on puissent ressortir un effet de lumière éclatante. Les lumières s'allongent en forme de cylindre le long du couloir et leur élasticité permettra de définir leur forme final. Pour les dimensions, elles auront un diamètre de 5-8 mm et un volume total de 25 cm^3 . Par la suite, après avoir choisis leur forme final, nous avons choisis d'utiliser du verre comme matériaux qui entoure les lumières internes DEL. Pourtant, ceci présente des avantages ainsi que des désavantages sur le produit final. Parmi les avantages, le matériaux choisi est très résistant à l'intensité de la lumière et la chaleur produite par celle-ci et permet de voir le plein potentiel des rayons lumineux et de leurs

couleurs. Cependant, parmi les désavantages, le verre est coûteux comparé aux autres matériaux comme le plastique. Aussi, il est un matériel lourd, fragile et dangereux à maintenir surtout lors du nettoyage des verres de lumières.

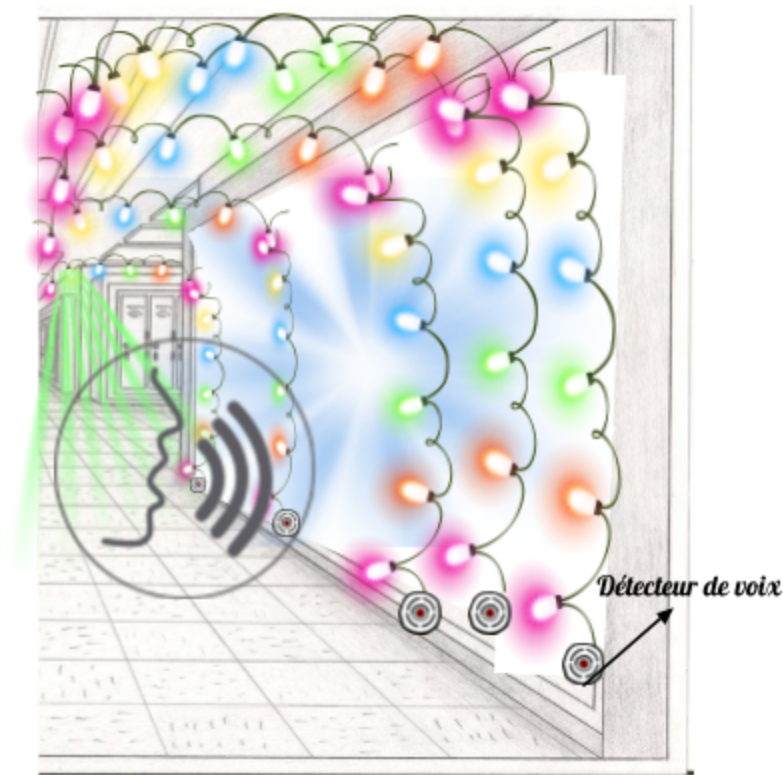


Figure 5. Esquisse du design de la conception préliminaire 2

Algorithme des lumières

En ce qui concerne l'algorithme de lumière, cette conception utilisera une séquence de couleurs de lumière beaucoup plus simple pour maintenir une volume agréable dans le milieu d'étude. Les lumières émettront une couleur qui correspond uniquement au volume de la voix. Le Tableau 3 ci-dessous représente le comportement des lumières dépendamment du volume de la voix. La luminosité ainsi que les dimensions de l'oeuvre d'art seront les même que celles de la conception préliminaire 1. De plus, les même idéaux et contraintes de lumières et ethnicité de la conception préliminaire 1 s'appliquent à cette conception aussi.

Tableau 2. La relation entre les volumes possibles des voix des individus et leurs comportements

Volume	Comportement
Agréable (< ou = 30 décibels)	Vert
Acceptable (30 décibels - 50 décibels)	Jaune
Bruyant (> 50 décibels)	Rouge

Celui-ci permettra la transmission de messages claires et le maintien d'un volume bas efficace.

Conception préliminaire 3

Design

Le corridor sera décoré de plusieurs bandes de lumières successives en forme de carrées. Les carrées iront à partir du bas du mur gauche vers le plafond, traversent au dessus de la tête sur le plafond, et redescendent sur le mur à droite. L'allure d'innovation sera représentée en faisant une légère rotation sur l'axe qui est parallèle au mur pour chaque carré à partir de la position du carré précédent. Ce changement provoquera l'illusion d'un couloir en forme de spirale. Le couloir attirera l'attention, c'est donc une oeuvre artistique. Ce jeu de formes est attrayant mais il risque d'occuper un grand espace dans le couloir. Chaque segment de lumière dans le corridor sera un verre dans lequel on fait passer de la lumière grâce à un segment de lumières DEL que l'on colle sur l'épaisseur de celui-ci. Ces segments de verre seront aussi réfléchis pour donner l'illusion qu'il y'a plus de lumière qu'en réalité. Pour réfléchir la lumière, l'idée est de coller un morceau de miroir en plastique dans la jointure du mur et le sol les deux côtés du corridor pour que les lumières semblent plus puissantes qu'elles le sont. Cette ajout nous permet d'économiser de l'argent car on nécessite moins de lumières pour accomplir l'effet voulu.

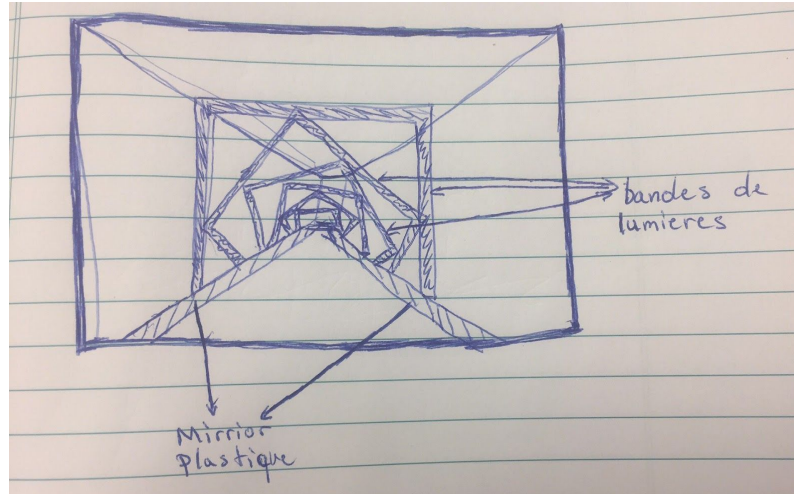


Figure 6. Esquisse du design de la conception préliminaire 3

Algorithme des lumières

L'interaction est faite en émettant une couleur correspondant à la fréquence ainsi qu'au volume de la voix. Pour se faire , on place des capteurs de son le long du couloir. Lorsque les capteurs de son détectent une fréquence de son entre 80 Hz et 8000 Hz, ils vont s'allumer en fonction du type de son qu'ils captent. Alors définissons ces sons.

Tableau 3. Variation de fréquence de la voix ainsi que du volume attribué aux différentes couleurs

Fréquence	Volume
Voix grave (80 Hz - 512 Hz)	Calme (voix < 37dB) = Bleu pâle Normal (37 dB < voix < 43 dB) = Violet Bruyant (43 dB < voix < 50 dB) = Radis
Voix moyenne (512 Hz - 2000 Hz)	Calme (voix < 37dB) = Vert pâle Normal (37 dB < voix < 43 dB) = Vert Bruyant (43 dB < voix < 50 dB) = Bleu
Voix Aigu (2000 Hz - 8000 Hz)	Calme (voix < 37dB) = Jaune pâle Normal (37 dB < voix < 43 dB) = Jaune foncé Bruyant (43 dB < voix < 50 dB) = Rouge

À l'aide de cette table qui associe les différentes fréquences et volumes pour une couleur respective, on peut observer la couleur de la bande LED émise pour chaque variation.

Le design et les couleurs seront reliés par un code. Le code est une liste d'instructions qui convertirons les sons captés en un jeu de lumières à l'aide d'un programme Arduino. La logique de l'algorithme est simple, les capteurs de sons disposés le long du corridor agissent comme entrées des mesures nécessaires. Chaque capteur est responsable d'une bande de lumières, alors les bandes s'allument indépendamment du son capté (indépendamment des sons ailleurs). Donc, lorsqu'une voix de fréquence x et de volume z est captée dans le corridor, chaque capteur enregistre la même fréquence, mais de volume différent dû à la distance entre la voix et le capteur qui varie. Ce principe nous permet de faire l'illusion que les lumières suivent la voix. Cette algorithme fonctionne peu importe le nombre de personnes qui sont dans le corridor. Par exemple, lorsque personne ne passe dans le couloir, il n'y a pas d'électricité dépensée inutilement. Ou bien, lorsqu'il y a plusieurs personnes, le montant de différentes couleurs varie incroyablement donnant un effet incroyable. En plus cet algorithme est flexible donc ça nous permet d'allumer chaque bande de DEL avec son propre effet lumineux (flash, dégradation, saut ...etc.).

Décision finale pour les conceptions préliminaires

Lors de la décision finale du concept que nous allons réaliser, nous avons comparé tous les concepts différents proposés. Pour ce faire, nous avons tout simplement étagonné et utilisé un tri selon les contraintes, les exigences fonctionnelles et non-fonctionnelles décrites dans le livrable C. Pour le concept 1, nous parlons d'un système de son et de voix qui se convertissent en lumière grâce à un programme d'Arduino. Selon la force d'un son ou de la fréquence d'une voix, une certaine couleur est attribuée à un son considéré comme fort ou faible (voir Tableau 1). Ce concept prend en compte toutes les contraintes

ainsi que les exigences fonctionnelles que nous devons respecter. L'aspect artistique y est présent et très bien représenté.

Pour le concept 2, il s'agit plus ou moins de même idée d'utiliser des capteurs de son pour produire de la lumière. Des lumières sont placées en spirale le long du couloir pour faire un joli effet artistique. Par contre ici, les lumières s'allument selon un différent algorithme. Au lieu de faire varier les lumières selon la fréquence du son capté, il le fait selon la force du son, dépendamment si le son est acceptable ou pas (voir Tableau 2). Toutes nos contraintes sont bien respectées avec ce concept. Néanmoins, ce concept ne maximise pas la capacité de notre projet sur le plan artistique, puisque les couleurs seront toujours les mêmes. Puisqu'il faut que notre projet soit vraiment attirant, il faudrait une esthétique plus audacieuse.

Concernant le concept 3, l'aspect artistique est très présente. Le concept comporte tout ce qu'il faut pour que le produit soit parfait. L'idée derrière est magnifique et innovante. Bien qu'il s'agissent d'une variante du concept 1 et 2, il présente un plus sur le point artistique. Mais, lorsqu'on rentre dans les détails de critères de conception, on y trouve de petits hics par rapport au respect de contraintes. Tout d'abord, ce concept nous coûte beaucoup trop chère à cause du nombre de capteur et de disque Arduino. De plus, cela amènerait notre installation à consommer beaucoup trop d'énergie. Puisqu'il faut absolument respecter ces deux contraintes, nous ne pouvons choisir le concept 3.

Finalement, après avoir comparé toutes nos options, nous décidons d'opter à une mélanges des sous-systèmes critiques de toutes les conceptions préliminaires pour créer une ultime solution finale. Nous avons fusionner l'algorithme de lumières du deuxième conception préliminaire et l'idée de design du troisième conception. De plus, nous avons incorporer l'idée du spiral (du premier conception préliminaire) au troisième concept de design pour rendre l'esthétique de l'oeuvre intéressante. Et de l'à, nous avons poursuivons à l'approfondissement de notre solution.

Solution finale

Arrivant à ce point, il est temps de raffiner nos solutions pour arriver à un seul produit finale qui réponds bien au besoins principaux de notre client. Pour y rendre là, il nous fait des modèles de l'idée préliminaire développée de l'étape précédente. Alors, nous avons constitué trois prototypes différentes pour but d'illustrer de manière physique notre oeuvre de manière physique et de lui améliorer. Voici notre plan d'attaque pour nous rendre à la solution finale complète:

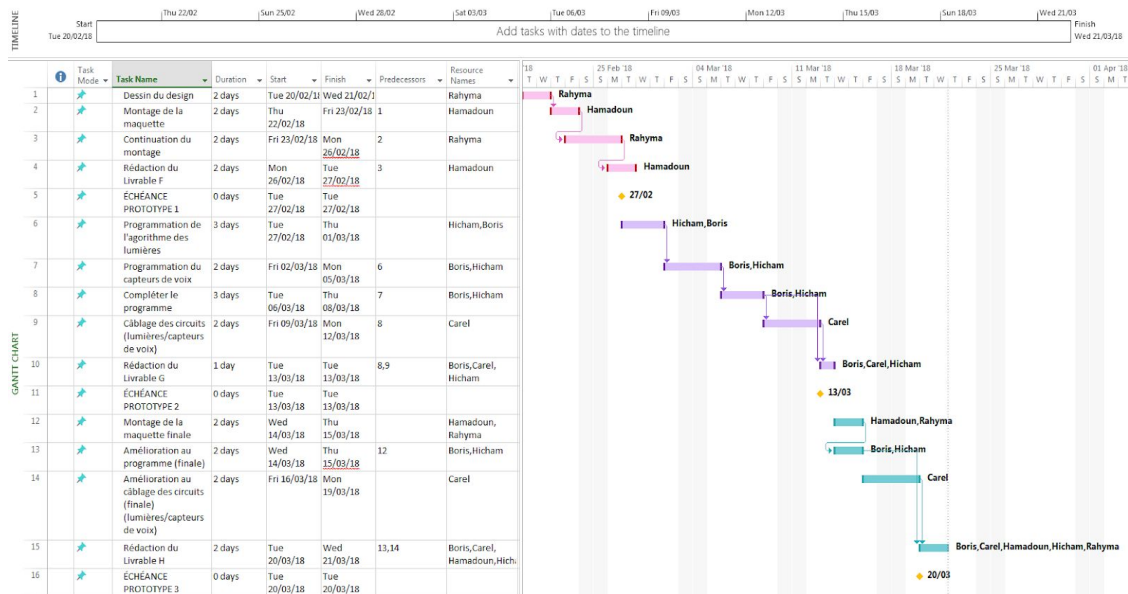


Figure 7. Diagramme de Gantt présentant notre plan pour le projet

Prototype I

Le premier prototype s'agit uniquement du sous-système critique du design du projet. La structure avec laquelle nous avons conçu ce prototype est fiable. La flexibilité du plastique permet de réduire le facteur de brisure dû à la charge des autres composantes qui seront présentes dans la structure. En effet, le plastique mou est un matériau qui peut avoir une bonne durée de vie. Son utilisation dans la réalisation de notre oeuvre nous permet de respecter plusieurs de nos critères de conception. En effet, le fait d'utiliser ce matériau nous permet d'assurer une maintenance facile tout en offrant une bonne durée

de vie. En poursuivant, le design présenté ci-dessous est très intéressant par rapport aux formes présentées (voir annexe ci-dessous). De plus, la forme minimaliste de spirale décalée permet de donner un effet de profondeur et un certain jeu avec la perception des yeux. Le fait que ce ne soit pas circulaire lui donne aussi un côté intéressant. Nous trouvons que cette maquette représente bien le design ainsi que le côté artistique que nous voulons donner à notre produit.

Enfin, nous avons plusieurs spécifications pour nous assurer que notre produit soit le meilleur possible. Ces spécifications nous permettent de nous guider par rapport à l'utilité, de la communication de notre but à travers l'oeuvre ainsi que la fiabilité du produit. Comme nous l'avons déjà spécifié dans nos livrables antérieurs, nous voulons faire un produit qui interagit avec les passants, mais aussi indiquer subtilement à ces personnes de faire attention au bruit qu'ils produisent.

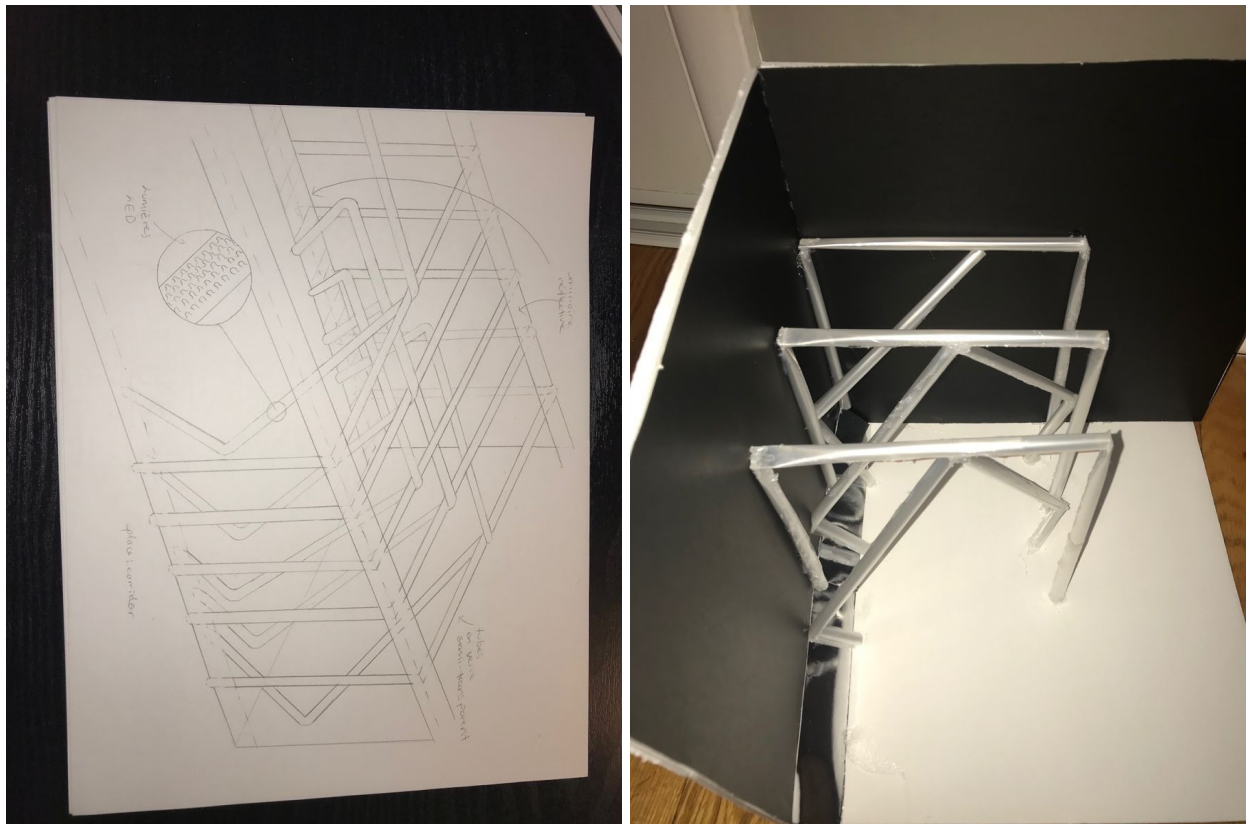


Figure 8. Representation du Prototype I

Prototype II

Le deuxième prototype sur lequel on expose présentement témoigne avant tout de la fonctionnalité de notre projet, c'est-à-dire du côté interactif de notre oeuvre d'art. En effet, étant donné que la maquette de notre oeuvre a déjà été créée par nos coéquipiers en charge du design (Rahyma et Hamadoun) il est primordial de créer un programme informatique ainsi que des circuits d'interconnexion afin de faire fonctionner nos jeux de lumières en fonction de la voix. Pour réaliser l'interaction convoitée, on s'est appuyé sur nos connaissances en informatique à travers la programmation Arduino, et l'électronique pour la correspondance programme-lumières à travers des circuits intégrés. Ainsi, nous avons tout d'abord créé un circuit électrique d'interconnexion afin de pouvoir relier, à travers les fils jumper, les différentes composantes du circuit. Simultanément, on a créé le code qui allait interagir avec le circuit

En ce qui concerne le circuit électrique, on a suivi un protocole stricte avec l'aide du TA afin de s'assurer de sa fiabilité. Pour le code, on a fait des loops de condition du type "if - else", ce qui nous a permis d'émettre différentes couleurs avec la collaboration du TA.

Étant donné qu'on a déjà assez de pied-d'estale pour réaliser notre objectif (interaction avec la voix) il faut maintenant expliquer brièvement comment notre prototype fonctionne. En effet, le code créé étant performant et fiable et le circuit étant aussi bien réalisé, il faut les interconnecter. On a donc adopté ici un câblage de fils au code créé à travers la pièce maîtresse : la carte mère Arduino. C'est la composante intelligente de notre réseau d'interconnexion puisqu'elle reçoit le code créé afin de traiter l'information et l'envoie à la carte mère du jeux de lumières. Ainsi, le jeux de lumières émet différentes lumières en fonction du volume de la voix. Donc, par exemple: pour un volume haut, il y'a une correspondance avec la lumière rouge; pour un volume modéré il y'a une correspondance avec la lumière jaune; et finalement, pour un volume bas, il y'a une correspondance avec la lumière bleu. Pour mieux réaliser notre projet, nous avons créé une modèle numérique, analytique et expérimental du prototype II.

Tableau 4. La logique de l'algorithme des lumières du prototype 2

INPUT	OUTPUT
<pre>Void loop() if { Volume est entre 0 et 30 décibels }</pre>	<p>Couleur bleu émise.</p>
<pre>else if { Volume est entre 30 et 40 décibels } else if{ Volume est entre 40 et 50 décibels }</pre>	<p>Couleur jaune émise.</p> <hr/> <p>Couleur verte émise.</p>
<pre>else { Volume est plus grand que 50 décibels }</pre>	<p>Couleur rouge émise.</p>

Tout ceci montre à suffisance que l'interaction prévue à été bien réalisée. Il est maintenant temps d'effectuer un résumé des essais expérimentaux effectués, afin de minimiser les défauts de conception et de s'assurer d'avoir une bonne fonctionnalité de notre prototype.

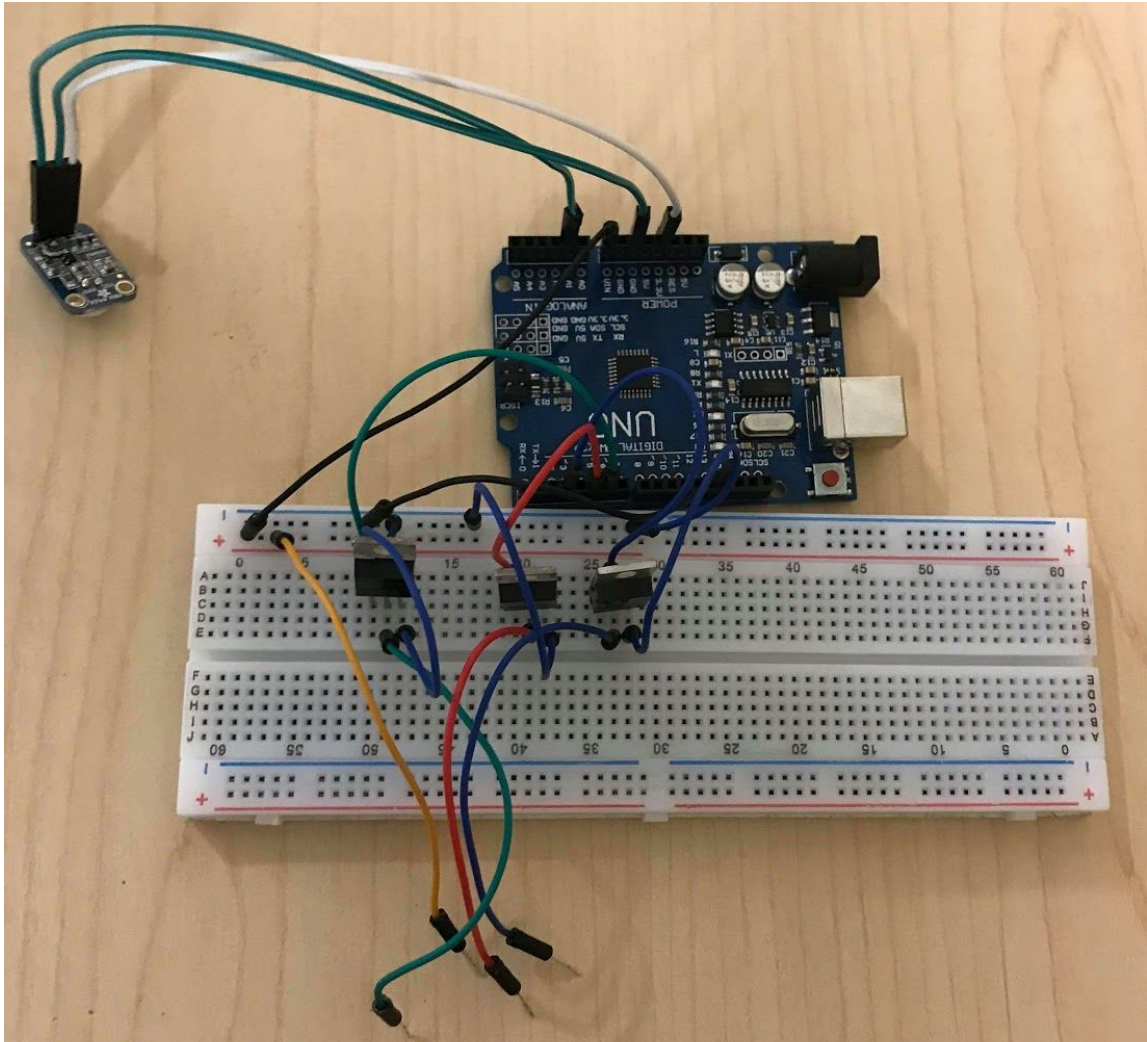


Figure 9. Representation du Prototype II

Prototype III

D'après les deux premiers prototypes conçus, nous avons combinés ces derniers pour créer une solution finale ultime au problème posé au début de la session. En bref, ce dernier prototype est, en générale, notre produit finale de notre solution. Comme discuté dans le Livrable F : Prototype I, ce premier prototype a été focalisé sur le design de notre conception. Ceci dit, le comité de design de l'équipe (Rahyma et Hamadoun) ont fait quelques modifications à ce design en raison des difficultés

rencontrées lors du processus de création. Autre que ces modifications, la conception demeure la même. Le design initial consistait en des rectangles ainsi que des pentagones l'un devant (et par-dessus) l'autre pour créer un tunnel.

Une modification que nous avons faite au niveau de la conception est le matériel utilisé pour le troisième prototype. Le comité de design voulait améliorer la solidité de la structure ci-dessus, puisqu'ils ont estimé que celle-ci pourrait être meilleure. Pour optimiser cette dernière, nous avons utilisé un plastique plus épais. De plus, cette fois-ci, le plastique procuré était déjà en forme de tubes pour assurer la précision du design et le rencontre des dates d'échéances. En faisant ce changement, ceci permet un meilleur niveau de sécurité pour que les individus passent sans que l'installation ne risque de s'effondrer. Un deuxième changement dans la conception du design était les arcs en forme de pentagones. Lors de la construction du troisième prototype, il était difficile de découper et ré-assembler les tubes en plastique dans cette forme géométrique. Ceci est dû au fait que ce plastique était beaucoup plus épais que celui utilisé dans le premier prototype. Donc, nous avons remplacé ce motif en arc circulaire (un demi cercle). Cette solution donnera quand-même l'effet d'un tunnel ainsi qu'un produit final esthétique. De plus, une autre modification était l'ajout des tiges en bois à travers des tubes ayant pour but de renforcer la solidité des motifs rectangulaires. Une dernière modification à la conception du design était de ne plus inclure les mirrors réfléchissant à chaque coin du couloir. Ceci dans l'optique d'optimiser la sécurité des individus qui interagissent avec l'oeuvre d'art. Voici deux illustrations du design du prototype III:



Figure 10. Representation du Prototype III

Le deuxième prototype du projet été bonifié et jumelé au sous-système (prototype III) de l’algorithme de lumière créé par un code . À l’aide des recherches approfondies, nous avons pu concevoir un code qui permet le changement des couleurs dépendamment des volumes de la voix des personnes qui passent à travers le tunnel. Celui-ci est expliqué en profondeur dans le Livrable G : Prototype II. D’après le prototype II, l’algorithme de lumière est très similaire à celui du nouveau prototype. De plus, les circuits discutés dans le dernier livrable sont identiques à ceux utilisés dans ce modèle. Par contre, nous avons inclu un autre algorithme pour rendre l’arcade des lumières plus intéressante. Voici deux tableaux qui représentent les deux algorithmes des lumières:

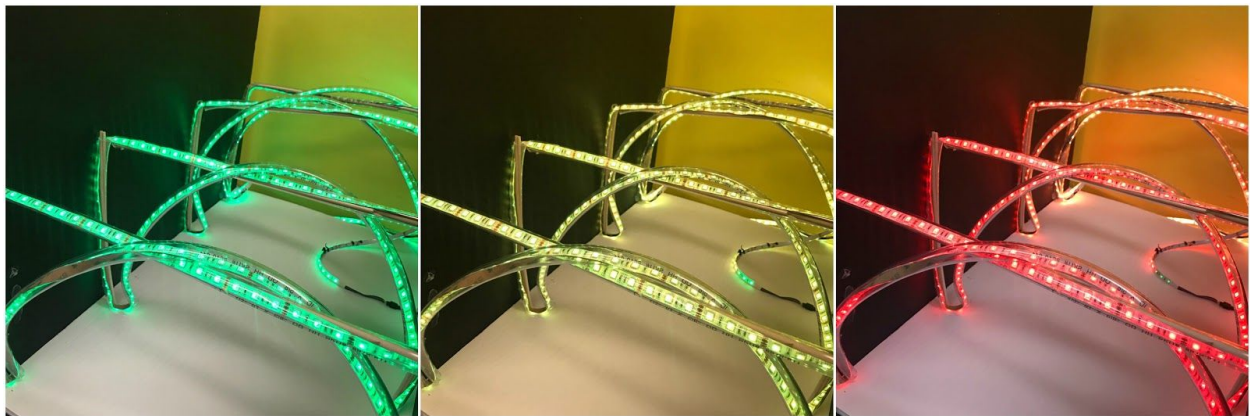
Tableau 5. La logique de la première algorithme des lumières du prototype III

INPUT	OUTPUT
<pre>Void loop() if { Volume est entre 0 et 30 décibels }</pre>	Dégradation de la couleur verte
<pre>else if { Volume est entre 30 et 50 décibels }</pre>	Dégradation de la couleur jaune
<pre>else { Volume est plus grand que 50 décibels }</pre>	Dégradation de la couleur rouge

Tableau 6. La logique de la deuxième algorithme des lumières du prototype III

INPUT	OUTPUT
<pre>Void loop() if { Volume est entre 0 et 30 décibels }</pre>	Dégradation de la couleur bleu
<pre>else if { Volume est entre 30 et 50 décibels }</pre>	Dégradation de la couleur blanche
<pre>else { Volume est plus grand que 50 décibels }</pre>	Dégradation de la couleur rose

Il est évident que la détection des fréquences des voix des individus n'était pas incluse dans le code. Celui-ci est en raison du micro procurer: il détecte toute sorte de fréquence possible (les objets électroniques, les cellulaires et etc.). Il n'était pas en mesure de détecter uniquement les fréquences des voix. Par conséquent, s'il l'on avait inclut la détection de fréquence, les couleurs émissent changent constamment pour aucune raison. Ceci dit, nous avons loger pour la détection de volume. Lorsqu'on atteint le point culminant du premier algorithme de lumières, ceci déclenche le deuxième algorithme de lumières (et vise-versa) pour rendre la séquence de lumières moins redondantes. Le point culminant est déterminé par un haut bruit détecté par le microphone (étant 80 décibels). De plus, nous avons incorporé une plus grande gamme de couleurs cette fois-ci pour rendre le passage d'une couleur à une autre plus subtile et esthétique. Cette dégradation permet aussi de minimiser le risque de crise chez les spectateurs épileptiques puisque les couleurs ne change pas brusquement. À cet égard, nous avons aussi diminué la luminosité des lumières DEL pour diminuer le risque pour ce même public. Ceci est expliqué en profondeur dans le plan d'essayage. Voici une illustration de lumières émises par les DELs:



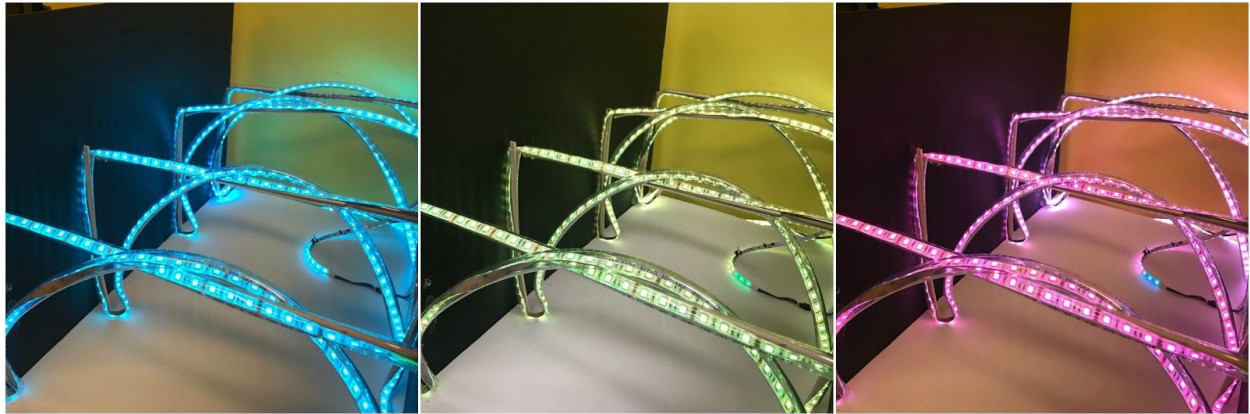


Figure 11. Représentation de la lumières Prototype III

Dans un monde parfait, le troisième prototype devrait représenter notre solution finale. Par contre, en raisons des difficulté rencontré et expliquée dans les paragraphes ci-dessus, nous n'étions pas en mesure de produire cette solution finale ultime. Ceci dit, nous allons simplement explorer les distinctions. Les différences qui existent entre le troisième prototype et la conception de notre solution finale peuvent se catégoriser en sous-système critique explorer tout le long du projet: design et algorithme des lumières.

Pour ce qui concerne le design pour le prototype III, nous étions pas en mesure de reproduire le correcte design qui correspond au prototype I. Ceci est en raison du différence de matériel: nous avons utilisé un plastique plus épais pour le troisième prototype pour assurer la sécurité de la public. L'inconvénient de ce changement est que le plastique était très dure à manipuler. Donc, nous avons logé pour un motif similaire de l'idée générale : au lieu d'avoir un arc pentagone dans notre tunnel (consulté le Figure 4), nous l'avons remplacé avec un arc circulaire. De plus, puisque le plastique épais se re-courbais par lui-même, nous avons inséré des tiges en bois à travers des tubes pour les garder droite. Dès de départ, on aurait dû se procurer une plastique un peu moins épaisse pour qu'il soit facile à manipuler et créer les motifs désiré.

Les modifications faites au niveaux des jeux de lumières sont l'exclusions de la détections de fréquence comme expliqué ci-dessus, le micro qu'on a procurer n'était pas en mesure de détecter uniquement les fréquences des voix des personnes. Donc, nous avons logé pour uniquement la détections

de la volume du voix. De plus, pour compenser pour le manque de détection au niveau de la fréquence, nous avons ajouté un deuxième algorithme de lumières pour mieux visualiser la vraie produit finale (avec la fréquence). Pour remédier à ce problème, il va falloir, dans le futur, se procurer un microphone qui est assez puissant à différencier les fréquences des humains et des appareils électroniques.

En tout, les changements expliqués ne se présenteront pas dans la vraie solution finale. Pas contre, ces changements et difficultés rencontrés nous ont aidés à mieux comprendre nos sous-systèmes critiques et d'approfondir nos connaissances au sujet de ses aspects. Malgré ses différences, ont été quand-même en mesure de représenter notre produit finale à travers ce dernier prototype.

Faisabilité

Comme introduit ce rapport, la solution de ce projet sera installée dans le nouveau bâtiment de l'Université d'Ottawa intitulé STIM. Alors, il est primordial d'évaluer si la solution finale est réalisable.

En premier lieu, le budget est une contrainte claire de ce projet. Pour transférer les données que l'on a créées dans un prototype de quelques pieds à un modèle à l'échelle humaine, nous estimons que cela coûtera environ 10 000 \$ (entretien inclus). L'entretien inclura le changement des fils abîmés, le remplacement du plastique et des lumières DEL (si nécessaires). L'entretien inclura aussi l'inspection de l'œuvre à chaque 6 mois pour assurer qu'il fonctionne comme conçu et le vandalisme n'a pas été rencontré.

Un autre aspect à considérer pour la réalisation de l'installation est la restriction du site. Puisque notre œuvre d'art émet de la lumière colorée, il est crucial d'installer notre œuvre d'art dans un milieu qui n'est pas entouré de fenêtres. Si non, la luminosité du jour va faire en sorte que l'on ne pourra pas voir les belles lumières. Donc, nous avons choisi un endroit dans le deuxième étage qui est éloigné de la lumière naturelle.



Figure 12. Plan du deuxième étage du bâtiment STIM

Nous avons choisi deux emplacements dans la deuxième étage puisque nous voulons avoir deux installations du même oeuvre d'art. Celui-ci est pour renforcer l'aspect éthique de notre produit. On va installer l'oeuvre dans milieu d'étude pour modérer le volume des étudiants (puisque chaque couleur émis représente une hauteur de volume) et l'installer dans un milieu social pour encourager les étudiant a être social.

Un dernier élément à considérer dans notre installation est la sécurité de nos individus. Il est important que notre oeuvre d'art oeuvre soit sécuritaire pour notre public. Ceci dit, il y a des mesures à prendre pour s'assurer que notre oeuvre pourra interagir avec toute le monde. Ces contraintes à considérer sont les personnes qui sont sensible aux forts rayons lumineux. Par exemple, les personnes épileptique. Alors, pour la solutions finale, nous allons baisser la luminosité des lumières émisent pour que tout le monde puisse apprécier l'installation artistique.

Modelisation

Dans le troisième prototype, nous avons dû utiliser la modélisation numérique pour pouvoir extraire des valeurs d'intensité de la voix de manière plus précise. La modélisation numérique a été utile car elle permet de faire des approximations ou de décrire un comportement à travers le temps. Pour notre prototype, nous avons recueilli à l'aide d'Arduino et sa fonction `analogRead()` l'intensité du son. Malgré l'obtention de l'intensité du son, les valeurs lues varient rapidement dans le temps et cela rendait la lecture presque impossible. Puisqu'il y avait aucune manière d'obtenir directement l'intensité précise ou car la procédure pour y arriver demandait un grand effort, nous avons utilisé la modélisation numérique afin d'approximer une valeur d'intensité lisible. Pour ceci, nous avons enregistré pour des échantillons de 50 millisecondes, le signal du microphone. Pour chaque échantillon nous avons initialisé un signal minimum comme étant 1024, le signal que l'on ne veut pas dépasser; et 0 comme signal maximum. Lors de la collecte de signal, on néglige les signaux supérieurs à 1024 puis à l'aide d'un argument "if" en C, nous allons stocker dans signal maximum les valeurs qui y sont supérieures et dans signal minimum les valeurs qui y sont inférieures. Enfin, lorsque nous prenons la différence entre signal maximum et minimum cela nous donne l'amplitude des signaux. Le plus l'amplitude est élevée, le plus l'intensité du son est élevée. C'est de même que la modélisation numérique nous a permis d'éviter des calculs complexes pour obtenir l'intensité efficacement.

Dans le même processus, la modélisation expérimentale a aussi été employée au niveau d'Arduino pour observer les entrées du code. Dans cette partie, la modélisation expérimentale a été utilisée comme représentation physique pour mesurer les sorties et observer leur

comportements. Dans Arduino, après avoir écrit le code pour capter l'intensité du son, nous avons pu utiliser une fenêtre installée dans le logiciel afin d'observer les valeurs captées par le microphone. Grâce à cet outils de mesure, nous avons pu observer le comportement de l'intensité du son pour plus tard définir les intervalles convenable dans les variations des lumières. Sans modèle expérimentale pour mesurer et observer le comportement de l'intensité du son, il serait compliqué de définir une fonction qui nous permet d'observer les variations de manière analytique.

Stratégie de prototypage et plan d'essai

Pour perpétuer notre produit final et se positionner confortablement face à la concurrence, il a fallu que l'on optimise notre capacité d'innovation. L'une des méthodes utilisé est le processus d'innovation générique nommée le "*Design Thinking*". Ce processus est ancré sur l'apprentissage des schémas de pensée de conceptions. En suivant les étapes respectives, nous avons pu atteindre nos objectifs clés et finir par avoir un produit qui satisfait aux exigences de notre client, Mme Chantal Rodier.

Notre stratégie débute par l'empathie. Cette étape fait preuve de la compréhension des besoins présents et à venir de nos clients ainsi que ceux projetés par nos utilisateurs. L'empathie nous a permit de mieux comprendre notre client et de poser les bonnes questions afin d'explorer, par l'entremise de l'interaction créative, les contraintes qui les soucie le plus. L'objectif ultime de cette étape est de se mettre à la place du client et de cerner leurs attentes afin de finir par avoir un nouveau produit ou améliorer le produit déjà existant. Dans notre cas, l'empathie s'est déroulée en salle de classe lorsque notre client, Mme Rodier, nous a parlé de ses expériences personnelles et du projet en tant que tel. Notamment, nous avons pris en note toutes les exigences requise et les contraintes que pose sur le projet. Enfin, nous avons pu finir la session par des questions brèves et générales sur le projet afin d'améliorer l'idée original que

nous avons eu. Pour répondre à ce qui est attendu des utilisateurs, nous avons interpréter les informations obtenues de notre cliente en ce qui a trait de besoins, soit fonctionnels et/ou non-fonctionnels.


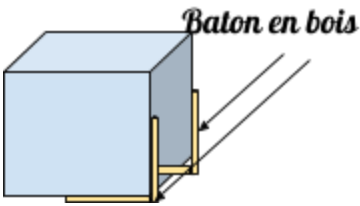
La deuxième étape qui consiste de nos remues-ménages est aussi très importante. Afin de trouver des solutions réalisables, nous avons organisé des sessions en groupe pour faire du “*brainstorming*” pour obtenir l’opinion de chacun sur le projet et des façon de soit améliorer ou changer complètement le produit que l’on avait initialement. Après avoir eu l’argument des membres de notre équipe, nous avons triés ceux-ci par ordre d’importance et de relativité.


Par la suite, il était maintenant temps de laisser notre créativité prendre le volant. En effet, c’est à cette étape que l’on commence à créer des prototypes. La façon mise en place par l’enseignant de notre cours nous a proposé de créer 3 prototypes. Le premier prototype met de l’accent sur l’aspect esthétique et ludique. Il était le moins coûteux et le moins complexe et repose essentiellement sur la forme de notre produit final. Le deuxième prototype met plutôt de l’emphase sur l’aspect fonctionnel, éthique ainsi que ludique. Dans ce prototype, on s’est reposé surtout sur la programmation du code qui va régir nos bandes de lumières DEL. Il était le prototype le plus coûteux ainsi que le plus complexe par son niveau de difficulté. Finalement, le troisième prototype était un regroupement du premier et du deuxième prototype. Essentiellement, nous avons liés l’un à l’autre pour réaliser le produit final désirable. Bref, on pourrait dire que le troisième prototype est l’image miroir de notre réalisation complète. Cet enchaînement d’étapes nous a permis d’avoir des retours d’avis soit positives ou même négative sur notre projet pour pouvoir y corriger et évidemment l’améliorer.

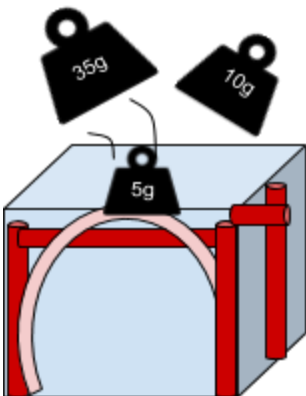
La dernière étape de notre projet était le test de notre prototype vis-à-vis sa durabilité et résistance à certaines variations. Lors de notre présentation, nous avons pu tester le projet par l’interaction avec la cliente. Ceci nous a permis de mettre en contexte notre produit dans la vie quotidienne des utilisateurs et donc, de voir, de leur perspective, la réalisation final. Grâce à notre prototype, nous avons pu tester notre produit pour y implémenter des modifications qui l’améliore puis d’affiner notre stratégie de séduction de


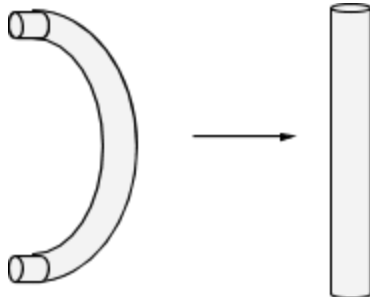
la cliente. Vous trouverez ci-dessous un tableau qui démontre le plan d'essais que notre groupe a suivi pour déterminer les contraintes, leurs valeurs ainsi que leurs fiabilités:


Tableau 7. Classement des résultats obtenus de plusieurs essais réalisés sur différents facteurs

N°	Facteur contrôlé	Explication (il est important de considérer ce facteur car..)	Valeur numérique (métrique)	Fiabilité (en %)
A	Température des lumières DEL 	Les lumières sont en contact direct avec les tubes en plastiques. Ceci veut dire que si ces lumières atteignent une température au-delà du point de fusion des plastiques, ceux-ci vont commencer à fondre et donc gâcher la partie esthétique de notre prototype. On a déterminé que la température maximum des DEL est de 80 degré Celsius, une température inférieur au point de fusion du plastique.	Point de fusion du plastique = 135 °C	100%
B	Accrochage des murs 	On veut avoir un prototype stable et immobile. Au départ, lorsqu'on a accroché les murs des couloirs, ceux-ci était très flexible et facilement détachable. Il fallait alors essayer différentes pistes de solutions afin d'arriver à avoir un angle proche de 90° et que ceux-ci soient aussi immobile comme les murs dans de conditions réelles. Une des idées qui assurent leurs mobilités était de les attachés avec de la colle fondante et des agrafes. Cependant, cela a terminer par un échec car les murs n'arrivaient	Un angle de 90°. Distance entre les batons = 10 cm.	93%

		<p>toujours pas à se tenir fermement droit. L'idée qui a résolu notre problème est d'attacher derrière les murs deux bâtons en bois qui sont à un angle de 90°. Après avoir établi cette solution, les murs ont été beaucoup plus droit et stable.</p>		
C	<p>L'attachement permanent des câbles aux lumières DEL.</p> 	<p>Les câbles de cavaliers (ou "jumper wires") qui attachent les différentes parties de notre prototype ensemble sont temporairement enchaîner les unes aux autres. Ceci pourrait engendrer des problèmes lors de nos présentations puisque ceux-ci peuvent facilement se détacher. Nous avons utilisé plusieurs manières d'accoler de façon permanente le prototype finale après la fin des modifications évidemment. Notamment, parmi ceux-ci inclus du soudage, de la colle spécial ainsi que des rubans de colle qui à la fois assure le flux de l'électricité le long du circuit que l'on a créer et permet la connection définitive des câbles.</p>	<p>Pour s'assurer que les câbles sont bien connecté, nous avons mesuré le voltages à ces points de connections pour vérifier s'il était au nombre maximal de volts (12). Input de 12 volts au total et environ 1-2 volts autour des jumper wires.</p>	90%
D	<p>Force d'un poid sur les lumières DEL qui sont positionné horizontalement</p>	<p>Nos lumières DEL s'enveloppent l'un sur l'autre lorsqu'ils font le tour le long du couloir. Ceci dit, il est important de s'assurer que la partie des lumières positionné horizontalement soit capable de soutenir le poid de l'autre bande de lumière DEL par dessus.</p>	<p>Poids de 5 g, 10 g, 30 g et 35 g.</p>	80%

		<p>Pour s'y prendre, nous avons tester la stabilité des bandes de lumières verticales ainsi que horizontale. Le matériel utilisé était des poids de 5 g, 10 g, 30 g et 35 g placé par-dessus les bandes de lumières. Les observations que nous avons constaté est que les bandes était capable de soutenir le 5g et le 10g mais qu'en approchant de 35 g, ceux-ci commencent à trembler. Puisque les doubles bandes pèse moins de 35 g, on a pu conclure qu'ils allaient bien soutenir la structure et qu'on était alors capable d'allonger l'un sur l'autre comme le démontre les photos ci-dessous.</p>		
E	<p>Implémentation du code dans la carte-mère Arduino</p>	<p>Lors de la programmation, il a fallu essayer plusieurs fonctions de codes Arduino. Nous avons essayé une variété de fonctions disponible sur le web ainsi qu'on a visionner une variété de vidéo afin d'apprendre la base de la programmation Arduino. Après plusieurs essais itératif, nous avons pu arriver à un juste programme qui répond à nos besoins. Notamment, on voulait que les lumières s'amortissent lentement lors de leurs transitions d'une couleur à une autre. Plusieurs fonctions ont été implémenté et plusieurs modifications au niveau de l'intervalle de décibels que</p>	<p>Aucune mesure ne s'applique.</p>	<p>89%</p>

		le microphone capte ont été réalisés pour arriver à ce que les lumières s'amortissent.		
F	<p>Mise en place de différentes résistances</p> 	<p>Au départ, on a cru avoir besoin d'une grande quantité de résistances pour le breadboard. Il fallait faire plusieurs essais et changements de résistances. On est parvenu vers la fin à utiliser des transistors pour rendre les lumières plus illuminé et brillant à l'oeil. Nous n'avons pas eu besoin d'aucune résistance puisque les bandes de lumières DEL sont déjà équipés de résistances à l'intérieur.</p>	220-300Ω (ohm).	70%
G	<p>Élasticité des tubes en plastiques</p> 	<p>Lors de la conception de notre prototype, nous avons décidé d'utiliser du plastique transparent PVC. Ce matérielle a pour caractéristique principale d'être durable, tout en étant flexible. Le type de plastique acheté était de nature courbé. Ceci nous donner quelques problèmes puisque nous voulons que ceux-ci soient droit encore une fois à un angle de 90°. Il fallait alors performer des essais de tractions dessus le tube pour le forcer à se tenir droit. L'une des manières que nous avons utilisé pour y arriver est d'enfoncer les mêmes bâtons en bois dans les tubes pour les aider à maintenir l'angle droit.</p>	<p>> ou = 55 MPA (Les essais de traction)</p>	90%

H	<p>La luminosité des lumières</p> 	<p>Lors de ce test, nous avons eu a déterminer l'intensité de la luminosité de notre bande de lumière DEL. D'une part, la luminosité est important à prendre en considération puisque certains utilisateurs sont sensibles à ceux-ci donc il faut s'adapter à cette contrainte. D'autre part, on veut être capable de bien voir les lumières malgré qu'ils soient dans un endroit lumineux. Alors, il fallait jouer avec le montant de voltage que l'on envoie à ceux-ci. On a été aussi capable de contrôler cela avec notre code Arduino.</p>	<p>Dépend du montant de voltage qu'on envoie vers les lumières DEL.</p>	<p>97%</p>
---	---	---	---	------------

Conclusion et recommandations pour le futur

En définitive, il était question dans ce projet de conception de créer une oeuvre d'art interactive, afin de la soumettre à la critique d'un concours d'art public, tout en faisant aussi l'objet de notre projet de session dans le cadre du cours de GNG 1503. Au cours de la session, notre équipe a utilisé toutes les étapes de la pensée conceptuelle avec un pragmatisme exemplaire et une entente sans faille, afin de passer de la phase empathie à la phase de prototypage et essai de notre concept. **Ambiance**, tel est le nom octroyé à notre produit final qui est un résumé et jumelage des techniques et technologies employées lors de la conception des trois différents prototypes de notre concept. En effet, notre prototype I était axé sur le côté artistique de notre concept afin d'avoir déjà une fondation sur laquelle s'appuyer pour la suite. Quant au prototype II, c'est dans cette partie qu'on a amplifié nos connaissances en programmation et en électronique afin de réaliser l'interaction voix-lumière. Enfin, notre prototype III était la synthèse des deux premiers prototypes tout en effectuant quelque mise à jour dues aux recommandations de la cliente du projet. Il en ressort que **Ambiance** est un produit fiable qui a passé ses tests de défaillance et de résistance avec brio, ce qui nous a permis de savoir quand et comment assurer son entretien. Ce fut une expérience enrichissante où nous avons appris à travailler en équipe quelque soit les circonstances et les obstacles croisés en chemin. Nous avons reçus des commentaires mélioratifs quant à notre labeur au cours des différentes présentations. Étant donné que c'était notre projet de fin de première année en génie, nous aurons au cours de notre parcours des projets semblables en fonction de notre orientation dans le génie. Grâce aux outils appris pendant ce projet, on utilisera les futurs outils et technologies appris afin de parfaire notre vision

de “Design Thinking” dans le but de créer des produits qui pourront concurrencer avec les innovations de demain.

Bibliographie

FLEXIFIRELEDS. flexfireleds.com(2012). Consulté le 1 avril 2018. Tiré de :

<https://www.flexfireleds.com/pages/Comparison-between-3528-LEDs-and-5050-LEDs.html>

ROBOTSHOP. Soundsensor(2014). Consulté le 26 mars 2018. Tiré de :

<https://www.robotshop.com/ca/en/sound-sensor.html>

Randomnerdtutorials. randomnerdtutorials.com(2009). Consulté le 20 mars 2018. Tiré de :

<https://randomnerdtutorials.com/guide-for-microphone-sound-sensor-with-arduino/>

Comment calculer l'éclairage? boutiqueluminaire.ca(2016). Consulté de le 19 mars 2018. Tiré de :

<https://www.boutiqueluminaire.ca/blogs/blogue/calculer-l-eclairage-adequat-dans-chaque-piece-de-la-maison>

LED MAsks

<https://www.kickstarter.com/projects/outline-montreal/the-sound-reactive-led-mask?lang=fr>

Florida Villa LED design by Sylvain (LED Montréal)

<http://ledmontreal.com/en/photo-gallery/florida-villa-led-design-by-sylvain.html>