

## Résumé du Rapport de PFE « Little Fuck : circuit d'électronique imprimée intégré dans une étiquette »

Ce projet s'inscrit dans le cadre du parcours au sein de Pagora. Il s'est déroulé du 21 Mars au 30 Août 2022 dans l'entreprise Riondet Entreprise Seripub dirigée par Franck Doumecq. Le but de ce projet était de concevoir une étiquette de vin qui s'illumine. Les contraintes définies pour l'étiquette par mon tuteur, M. Doumecq, sont les suivantes : intégrer de l'électronique imprimée, imprimer en sérigraphie, créer un produit compatible avec une bouteille de vin en verre et utiliser le visuel de l'étiquette de vin « Little Fuck ». Le circuit électrique sera donc imprimé par sérigraphie avec de l'encre conductrice à base d'argent. Le projet s'est rapidement orienté vers la technologie NFC qui permet un apport externe d'énergie, et évite l'insertion de batteries qui peut être contraignante et complexe. Cette technologie par induction permet de capter assez d'énergie pour alimenter des leds. Une veille technologique a été réalisée pour vérifier les différentes opportunités et tendance existantes. Ce travail a permis de mieux définir le cadre du projet en apportant des connaissances nécessaires à la compréhension du projet. En conservant le choix de l'utilisation NFC, il a été décidé de réaliser deux designs d'étiquette, la première complètement comprise dans l'étiquette et la seconde se prolonge jusqu'au culot de la bouteille. De ce fait, les dimensions et les propriétés de ces designs ont été adaptés et optimisés. Ensuite, le choix des matériaux d'impression a été réalisé selon différents paramètres. Il faut distinguer les supports d'impressions du circuit électrique de ceux du visuel. Pour les supports d'impression contenant le circuit électrique, il faut tout d'abord qu'il résiste à une température d'environ 80°C. Cette température est la température minimale pour le recuit de l'encre, qui correspond à une fusion des particules d'argent afin d'obtenir des meilleures propriétés électriques. Ensuite, ils doivent avoir une épaisseur équivalente à celle d'une étiquette de vin. L'épaisseur maximale sélectionnée est de 140 µm. Enfin, ils ont été sélectionnés selon leur caractère de recyclabilité. De ce fait, 10 matières ont été sélectionnées. Un autre paramètre est rentré en compte durant cette sélection. Il s'agit de la présence ou non de colle qui évite l'ajout de double-face, qui complexifie la recyclabilité du produit final. Concernant les supports d'impression pour le visuel, 4 possibilités ont émergées : imprimer directement sur le circuit imprimé ou utiliser un des trois supports autocollants. En combinant ces quatre possibilités avec les 10 supports d'impression électrique, cela a permis de définir, selon différentes caractéristiques, le meilleur candidat en fin de projet.

Le circuit électrique a donc été imprimé en sérigraphie comme mentionné précédemment. L'écran de sérigraphie choisi est un écran de 90 fils/cm, car il constitue le meilleur compromis entre les propriétés d'impressions et les propriétés électriques. Deux types de recuit ont été expérimentés : le recuit thermique (traditionnel) et le recuit ohmique. Concernant les LEDs sélectionnées, ce sont des LEDs rouge utilisant peu d'énergie (2,2 V - 20 mA), utilisés précédemment dans d'autres projets de l'entreprise. Ces LEDs ont été positionnés à la main à l'aide de colle conductrice. Une fois l'ensemble des matériaux et paramètres déterminés, les étiquettes ont été réalisées puis différentes caractéristiques ont été étudiées. Ces caractéristiques sont de 4 types : les caractéristiques de l'impression conductrice, celles en lien avec les propriétés électriques, celles se rapportant à l'étiquette elle-même (propriétés physiques) et enfin la résistance sous atmosphère contrôlée. Pour l'impression conductrice, deux caractéristiques ont été étudiées : le dépôt d'encre et la largeur de piste. Ces deux paramètres vont avoir une grande influence sur les propriétés électriques. Les résistances électriques du circuit avant et après recuit constituent les propriétés électriques. Les propriétés physiques sont la masse, le grammage et l'épaisseur des différents complexes (support d'impression, impression conductrice et visuel). Enfin, afin de mettre l'étiquette dans des conditions semblables aux conditions de stockage des bouteilles de vin, les étiquettes ont été placées sur des bouteilles en verre dans une enceinte climatique reproduisant les conditions d'une cave (à vin). Comme les circuits électriques ont été recouverts par les visuels, il n'était plus possible de mesurer leur résistance. Pour avoir une idée de l'évolution de ces propriétés électriques dans ces conditions, l'intensité lumineuse des LEDs a été mesurée avant et après passage dans l'enceinte climatique. L'aspect des étiquettes après le passage dans l'enceinte climatique a également été évalué. Pour avoir un ordre d'idée de coût de l'étiquette, une estimation a été réalisée dans ce sens. De la même manière, une réflexion à propos de la fin de vie du produit a été réalisée. Ces prototypes représentent une première gamme de test mais davantage de travaux devront être réalisés en vue de l'industrialisation du produit. Également, certaines erreurs et amélioration possibles ont été relevés. En fin de projet, un point a aussi été réalisé sur la gestion de projet. Pour conclure, ce travail a apporté de nouvelles connaissances à l'entreprise qui souhaite poursuivre dans cette voie d'innovation. Des travaux sont actuellement en cours dans le but de commercialiser ce produit.