

INSA Lyon - Département Informatique

Rapport
de
PROJET DE FIN D'ÉTUDES

**Développement d'interface graphique technologie web -
faisabilité et évaluation**

***Development of web-based graphical user interface -
feasibility and evaluation***

Colin THOMAS

Soutenance le 26 juin 2024

Projet réalisé du **5 février 2024** au **26 juillet 2024**

dans la structure d'accueil

Arturia (Grenoble)

Référent	:	Yann GRIPAY, Maître de Conférences	INSA Lyon
Tuteur	:	Timothée BÉHÉTY, Référent Technique Logiciels Compagnons	Arturia (Grenoble)

Sommaire

1	Introduction.	1
1.1	Mise en contexte.	1
1.2	Définition du problème.	1
1.3	Aperçu des contributions.	2
1.4	Problématique et plan.	2
2	Contexte.	3
2.1	Intégration à l'équipe Compagnon.	3
2.2	Arturia.	3
2.3	Présentation du sujet de stage.	4
2.3.1	Mission.	4
2.3.2	Enjeux de ma mission.	5
3	Etude bibliographique et analyse de l'existant.	6
3.1	Définitions nécessaires.	6
3.2	L'Arturia Software Center existant.	7
3.3	Le Midi Control Center existant.	8
3.4	Les API Web MIDI et Web USB.	10
4	Propositions scientifiques et techniques.	10
4.1	Méthodologie de travail.	10
4.1.1	Organisation de l'équipe et réunions.	10
4.1.2	Git et revues de code.	11
4.2	Environnement technique.	11
4.2.1	Architecture modulaire.	11
4.2.2	Architecture d'un module	12
4.2.3	Environnement technique de l'application Unified Control Center.	12
4.2.4	Environnement technique front-end.	13
4.2.5	Environnement pour la gestion de projet	14
4.3	Propositions techniques / Implémentations	14
4.3.1	Prototypage d'utilisation de framework Web	14
4.3.2	Fonctionnement de la page principale	15
4.3.3	Architecture Web de l'Arturia Software Center	16
4.3.4	Fonctionnalités clés de l'Arturia Software Center	17
4.3.5	Architecture Web du Midi Control Center	21
4.3.6	Fonctionnalités clés du Midi Control Center	22
4.4	Expérimentations et validations	25
5	Bilan personnel	26

5.1	Acquis	26
5.1.1	Acquis techniques	26
5.1.2	Soft skills	27
5.2	Difficultés rencontrées	27
5.3	Retour sur mes attentes.	28
6	Conclusion et perspectives	29
6.1	Conclusion	29
6.2	Perspectives	29
7	Remerciements	31

1 Introduction.

1.1 Mise en contexte.

Je réalise mon stage de fin d'études chez Arturia, une société Grenobloise, fabricant d'instruments de musique numériques et électroniques, du 5 février au 26 juillet 2024. C'est l'entreprise que je souhaitais intégrer pour ce stage de fin d'études, non seulement car j'utilise et apprécie les produits et logiciels Arturia, mais aussi car je souhaitais me rapprocher du monde de la musique qui m'a toujours passionné. Je me suis inséré pendant ce stage dans l'équipe logiciel Compagnon d'Arturia, qui m'a proposé un sujet de prototypage d'interfaces Web pour la nouvelle génération de deux de leurs logiciels, l'Arturia Software Center et le Midi Control Center. Je peux ainsi participer à la conception d'un logiciel modulaire rassemblant ces deux applications, développer des interfaces C++ préexistantes en Web, concevoir de nouvelles interfaces et prototyper l'utilisation d'APIs Web novatrices. Ce stage me permet de mettre en œuvre les compétences en développement Web acquises pendant mon stage précédent, ainsi que de mettre en pratique les connaissances théoriques que j'ai acquises pendant mes études, telles que la programmation, les technologies Web ou encore le génie logiciel.

1.2 Définition du problème.

Les logiciels Arturia se divisent en deux catégories : les instruments et effets logiciels, qui créent et modifient de l'audio, et les logiciels Compagnon, qui accompagnent les produits vendus par Arturia. L'Arturia Software Center (ASC) et le Midi Control Center (MCC) font partie de cette dernière, et sont respectivement le gestionnaire de logiciels et licences, et le logiciel de configuration d'appareils physiques d'Arturia.

Arturia souhaite mettre à jour un Midi Control Center vieillissant et difficilement maintenable, tout en simplifiant son écosystème logiciel et en modernisant les architectures techniques au sein de l'entreprise. Pour ce faire, l'entreprise a décidé de fusionner ces deux logiciels en un seul, doté d'une architecture modulaire et d'interfaces basées sur les technologies Web.

Le défi de mon équipe est donc de réussir à adapter un logiciel préexistant dans une nouvelle technologie. Cela devra d'abord passer par la séparation du front-end et du back-end, trop liés jusqu'ici dans une architecture totalement C++. Il s'agira également de créer une application suffisamment modulaire, maintenable et extensible qui pourra à l'avenir intégrer de nouveaux éléments non encore définis.

Ainsi, mon défi personnel est de réussir à produire un prototype initial des interfaces Web pour ces deux logiciels, tout en expérimentant les possibilités d'utilisation du MIDI et de l'USB dans des technologies Web.

1.3 Aperçu des contributions.

Lors de ce stage, je travaille sur plusieurs éléments :

- Démontrer l'utilisation de multiples Frameworks Web (React, Angular, Vue, Vue Nuxt) dans une application modulaire C++ Juce, ainsi que dans une application démo de Chromium Embedded Framework.
- Développer toutes les interfaces existantes C++ de l'Arturia Software Center en Vue Nuxt.
- Concevoir et développer les interfaces d'un Midi Control Center entièrement en Web, qui permet de configurer le clavier maître Arturia MiniLab 3.
- Concevoir et développer l'interface du logiciel modulaire accueillant le Midi Control Center et l'Arturia Software Center.
- Prototyper l'implémentation de l'API Web MIDI pour communiquer avec les appareils Arturia en front-end Web uniquement.
- Expérimenter l'utilisation de l'API Web USB pour mettre à jour un périphérique Arturia via le protocole standard USB DFU (Device Firmware Update).
- Participer activement à la conception et à l'architecture du projet tout entier, en étant force de proposition ainsi qu'en démontrant la faisabilité des différentes idées de l'équipe.

La majeure partie de mon travail était concentrée sur le développement des interfaces Web du Midi Control Center, ainsi que de l'Arturia Software Center, en étroite collaboration avec Jean-Yves TISSOT, le développeur C++ chargé de l'implémentation du backend.

1.4 Problématique et plan.

La problématique de ce rapport de stage concerne d'une part l'intégration d'interfaces Web dans un logiciel modulaire, et d'autre part l'objectif de déplacement de l'intelligence logicielle du Midi Control Center dans le Web, impliquant l'expérimentation et la démonstration d'utilisation de l'API de diverses technologies Web novatrices.

Dans ce rapport, je traiterai premièrement du contexte du stage, en présentant l'entreprise et l'équipe que j'ai intégrées, ainsi que le sujet de mon stage. Je poursuivrai par une analyse des deux logiciels sur lesquels j'ai travaillé, leurs fonctionnalités et leurs spécificités. Ensuite, je développerai les propositions techniques et implémentations que j'ai pu réaliser sur l'Arturia Software Center, le Midi Control Center, ainsi que les API Web que j'ai étudiées, en décrivant également la méthodologie de travail et l'environnement technique utilisés, ainsi que les expérimentations et validations réalisées au cours de ce stage.

2 Contexte.

2.1 Intégration à l'équipe Compagnon.

Pour ce stage, j'ai été intégré dans l'équipe Compagnon d'Arturia, une sous-équipe de l'équipe Système au sein du département R&D. Sous la supervision de mon tuteur, Timothée Béhéty, qui dirige cette sous-équipe composée de 4 membres, j'ai étroitement collaboré avec Jean-Yves Tissot, responsable du développement du back-end C++ de l'Arturia Software Center (ASC) et développeur du projet GeMAPS et de l'Unified Control Center. Puisque l'équipe Compagnon se concentre exclusivement sur le développement en C++, j'ai sollicité l'expertise de Fabian Boilay, membre de l'équipe de développement du site web d'Arturia, pour les revues de code.

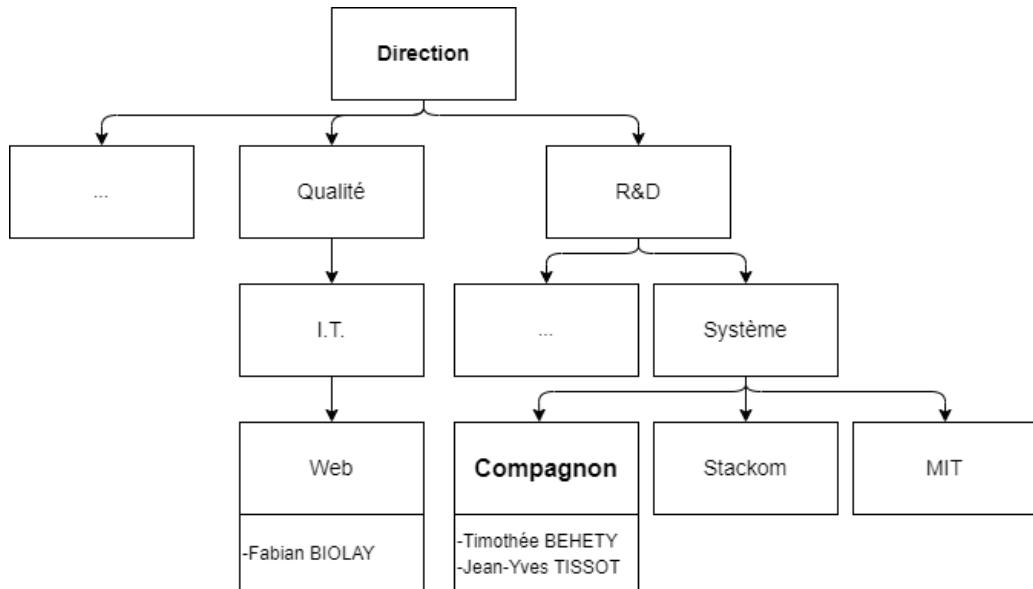


Figure 1: Organigramme simplifié d'Arturia : emplacement de l'équipe Logiciel Compagnon

2.2 Arturia.

Arturia est un fabricant d'instruments de musique numériques et électroniques. La société est basée à Grenoble et développe des reproductions logicielles d'anciens synthétiseurs (analogiques et numériques), des claviers MIDI, des contrôleurs, des synthétiseurs analogiques et des interfaces audios.

Il s'agit d'une entreprise employant 180 personnes, qui a été fondée en 1999. À sa création, ses deux fondateurs Frédéric Brun (actuel CEO d'Arturia) et Gilles Pommereuil ont créé des reproductions de synthétiseurs analogiques réputés au format virtuel. Ils ont commencé par développer ModularV, inspiré par les synthétiseurs Moog, en collaboration avec leur créateur. De nombreuses autres reproductions ont suivi, et sont devenues par la suite la V Collection, qui est la collection d'instruments virtuels d'Arturia, et la FX Collection, qui est son équivalent

pour les effets audio.

Arturia a depuis élargi son catalogue à des instruments virtuels qui lui sont propres, mais s'est également lancée dans la conception de produits matériels, comme plusieurs synthétiseurs analogiques renommés, différents contrôleurs MIDI ainsi que des cartes sons.

L'équipe Compagnon dans laquelle je réalise mon stage développe des logiciels accompagnants les produits Arturia, comme le gestionnaire de licences, le logiciel de configuration de matériel, ou encore des logiciels spécifiques à chaque produit, comme l'application mobile qui accompagne le clavier AstroLab.

2.3 Présentation du sujet de stage.

2.3.1 Mission.

L'Arturia Software Center (ASC) et le Midi Control Center (MCC) sont deux logiciels vieillissants, qu'Arturia souhaite mettre à jour. Pour faire cela, l'entreprise souhaite mettre à l'épreuve de nouvelles technologies de développement graphique.

En effet, ces logiciels ont été développés respectivement en 2013 pour le Midi Control Center, et en 2014 pour l'Arturia Software Center. A ces époques, l'équipe Compagnon que j'intègre pour ce stage n'existe pas encore, et ces logiciels ont donc été développés par l'équipe Software, qui se spécialise dans le développement d'instruments virtuels. Ces développeurs ont opté pour l'utilisation de technologies de développement d'instruments virtuels, notamment le framework C++ JUCE, pour la création de l'ASC et du MCC. Cependant, une mise à jour de ces logiciels en utilisant des technologies différentes permettrait de se détacher des outils spécifiquement conçus pour les logiciels audios, potentiellement inadaptés à ces applications.

Ainsi, l'équipe Compagnon a décidé de prototyper une application modulaire fusionnant l'Arturia Software Center et le Midi Control Center. Le nom de cette architecture modulaire serait General Modular Architecture with Pluggable Services (GeMAPS) et son application au Midi Control Center et à l'Arturia Software Center se nommerait Unified Control Center (UCC). Cette application serait capable de lancer des bibliothèques C++ en tant que back-end, de servir en HTTP des pages Web statiques en tant que front-end, et d'afficher un host permettant de naviguer sur ces pages Web.

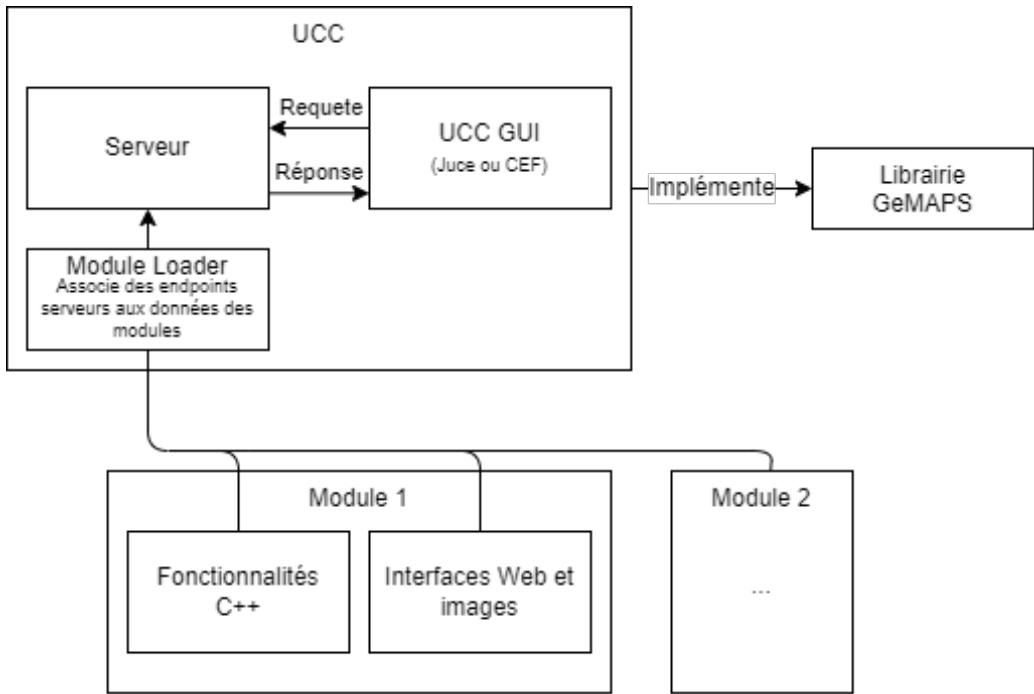


Figure 2: Implémentation de l’architecture modulaire GeMAPS dans l’UCC

De cette manière, l’Arturia Software Center et le Midi Control Center constitueraient deux modules de cette application, chacun dotés d’un back-end sous forme de librairie C++, et d’un front-end sous forme de page web statique, communiquant avec leur back-end par requêtes HTTP.

2.3.2 Enjeux de ma mission.

Utiliser des interfaces web pour ces logiciels se révèle ainsi positif sur plusieurs points :

- Les technologies web sont plus efficaces pour créer rapidement des interfaces. En effet, les bibliothèques et outils prédéveloppés et libres d'accès sont nombreux, en constante évolution, et faciles d'utilisation. On peut prendre pour exemple la fonctionnalité multilingue, qui est une fonctionnalité qui prend actuellement de l'importance pour Arturia, et qui demande beaucoup de ressources dans les applications C++, pour un développement plus facile, classique et très documenté en technologies Web. De même, les framework Web offrent souvent une courbe d'apprentissage plus faible que le C++ ou tout autre langage qui n'est pas haut-niveau.
- La fonctionnalité multilingue, qu'Arturia souhaite importer dans ses logiciels, est d'ores et déjà développée dans l'équipe de développement du site Web : en effet, l'équipe Web d'Arturia a, pendant les deux dernières années, réalisé un processus complexe de traduction de son site Web, avec envoi automatique du texte aux traducteurs et relectures.

Utiliser les technologies Web de l'équipe de développement Web d'Arturia permet ainsi d'intégrer leur processus de traduction.

- Ceci implique, pour développer ces interfaces, de devoir rechercher des profils de développeurs front-end Web, puis de les former sur le framework JUCE, pour ensuite travailler sur des interfaces. Séparer le développement front-end du reste de l'application simplifie la recherche de développeurs spécialisés dans leur domaine, et permet ainsi une meilleure évolutivité de l'équipe.
- Ensuite, cela permet de séparer le front-end du back-end. En effet, avoir une interface HTTP entre un back-end et un front-end favorise la séparation de ces deux parties. Ceci apporte de la modularité et de la scalabilité, car chaque partie peut être modifiée sans affecter l'autre. On peut imaginer également une plus grande flexibilité technologique, car l'application Web pourrait être développée dans n'importe quel framework, sans impliquer de changement pour les librairies C++.

L'Arturia Software Center étant l'outil qui gère l'installation des logiciels, un back-end est forcément nécessaire pour soutenir le front-end. En effet, des raisons de sécurité, les technologies Web n'ont pas accès au système de fichiers de l'utilisateur.

En revanche, la question se pose pour le Midi Control Center, dont la principale fonctionnalité est de communiquer par protocole Midi avec le contrôleur. Nous étudions pendant ce stage la faisabilité d'un Midi Control Center entièrement réalisé en technologies Web.

3 Etude bibliographique et analyse de l'existant.

3.1 Définitions nécessaires.

Nous allons ici définir quelques termes propres au matériel de production musicale.

MIDI [1] : Le Musical Instrument Digital Interface ou MIDI est un protocole de communication défini dans les années 1980 dédié à la représentation de l'information musicale, et utilisé pour la communication entre instruments électroniques, contrôleurs, séquenceurs, et logiciels de musique. Il s'agit du protocole standard du matériel électronique de musique. Il permet par exemple à un Contrôleur MIDI d'envoyer le signal qu'une certaine touche de piano a été pressée avec une certaine vitesse, permettant à un logiciel sur ordinateur de produire un son en conséquence. Dans le sens inverse, ce protocole permet à l'utilisateur de paramétrier son contrôleur MIDI en envoyant des signaux SysEx, comportant les informations nécessaires sur le paramètre à modifier et la valeur à lui attribuer.

Message SysEx [2] : Un message SysEx est un type de message MIDI permettant de régler les paramètres d'un périphérique MIDI, opération qui n'est pas adaptée à la syntaxe normale du protocole MIDI.

Contrôleur MIDI [3] : Un contrôleur MIDI est un appareil utilisé pour envoyer des signaux MIDI à l'ordinateur ou à un autre appareil (par exemple, un synthétiseur analogique). Il peut se présenter sous la forme d'un clavier de piano, de faders, de potentiomètres, d'encodeurs, ou autres.

GeMAPS : *General Modular Application with Pluggable Software*. Il s'agit de l'architecture modulaire que l'équipe Compagnon conçoit pendant ce stage, et qu'utilise le UCC.

UCC : *Unified Control Center*. C'est l'implémentation de GeMAPS pour l'Arturia Software Center.

3.2 L'Arturia Software Center existant.

L'Arturia Software Center [4] (ASC) est le logiciel de gestion de licences et de téléchargement de logiciels d'Arturia : il est nécessaire pour tout utilisateur souhaitant utiliser un logiciel Arturia.

L'Arturia Software Center est composé de deux parties :

Tout d'abord, une partie principale, qui permet de gérer ses licences et ses téléchargements de logiciels Arturia, et fournit une interface graphique.

Ensuite, un logiciel nommé ASC Agent, qui fonctionne en arrière-plan, et vérifie les licences utilisateur à chaque démarrage de produit Arturia, afin d'éviter toute fraude et téléchargement illégal.

Nous allons ici détailler la partie principale.

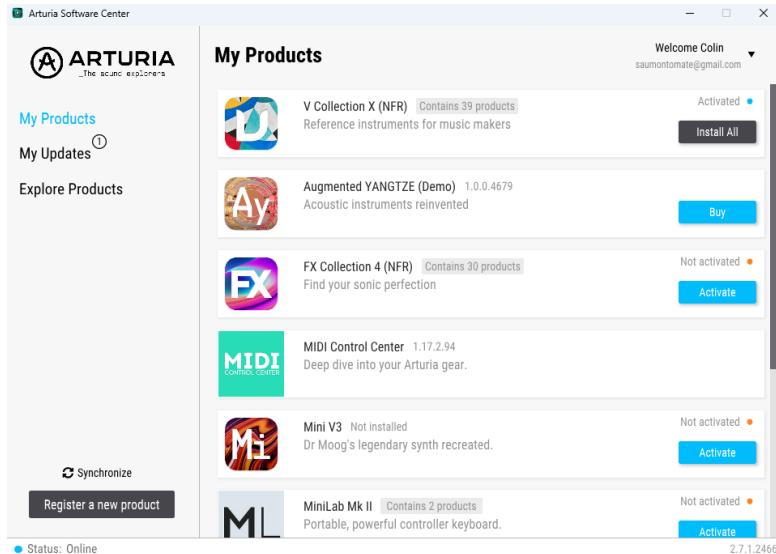


Figure 3: Arturia Software Center (ASC) existant

L'utilisateur, une fois connecté, peut naviguer parmi les logiciels disponibles sur l'Arturia Software Center sur la page "Explore Products", activer la licence du logiciel sur la page "My Products", le télécharger, le mettre à jour sur la page "My Updates", gérer l'emplacement de ses fichiers dans les paramètres, ainsi que de rentrer le code d'un produit Arturia physique afin de bénéficier des logiciels qui l'accompagnent. Par ailleurs, s'il ne possède pas de connexion internet, il peut procéder à une activation hors-ligne.

Pour chaque produit, il peut accéder à une fenêtre de détails du produit, sur laquelle il peut être redirigé vers les manuels d'utilisations ou f.a.q., consulter des descriptions précises, ou consulter les notes de mises à jour.

Les produits se classent en deux catégories : les produits normaux, qui constituent un logiciel à part entière et téléchargeable, et les "bundle", qui sont des ensembles de logiciels Arturia. Les bundles sont rassemblés car on peut les acheter ensemble. Le bundle possède alors une licence qui lui est propre, et sur sa page "détails", l'utilisateur peut retrouver l'ensemble des produits qui le constituent. De plus, il propose l'option de tous les télécharger simultanément.

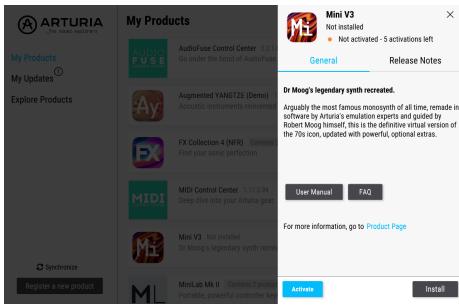


Figure 4: Page détails d'un produit

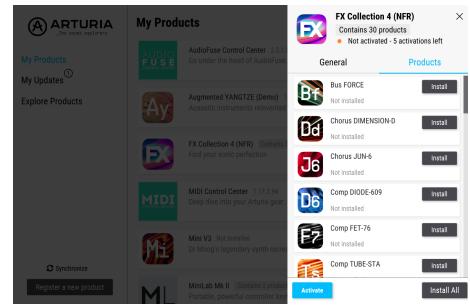


Figure 5: Liste des produits d'un bundle

3.3 Le Midi Control Center existant.

Le Midi Control Center [5] (MCC) est le logiciel de configuration de matériel Arturia : il permet de gérer les configurations et les paramètres des synthétiseurs et contrôleurs MIDI, ainsi que de faire les mises à jour firmware pour les synthétiseurs analogiques, cartes sons et claviers LMIDI physiques d'Arturia. Il communique en norme MIDI avec les produits Arturia pour leur configuration.

Il est possible, sur ce logiciel, sélectionner un appareil Arturia parmi la liste proposée. Cela affiche les fenêtres de paramétrage disponibles pour le contrôleur sélectionné. Nous allons ici décrire les pages correspondant à la série des contrôleurs MIDI de la gamme Lab, car c'est sur ceux-ci que je me suis concentré pendant ce stage.

La page "Device Settings" est présente pour tous les contrôleurs. Elle permet de modifier les paramètres globaux du contrôleur actuellement connecté (par exemple, son temps de mise en veille ou ses courbes de vitesse).

La page "Controller Map" permet de modifier les paramètres de chaque contrôle du con-

trôleur, (par exemple, modifier la note attribuée à une touche en particulier).

Nous disposons également d'un menu permettant d'importer ou d'exporter des fichiers contenant les paramètres du contrôleur. Le logiciel effectue également une détection automatique de mises à jour disponibles pour le firmware du contrôleur.



Figure 6: Midi Control Center (MCC) existant

Tous les paramètres des appareils Arturia sont décrits dans des fichiers JSON, avec leur nom, s'ils sont généraux ou spécifiques à un contrôle, ainsi que leur valeur par défaut.

Les paramètres de contrôleurs MIDI de la gamme Lab sont regroupés en deux catégories :

- Les paramètres d'appareils (Device Settings) sont des paramètres globaux, regroupés par catégories, qui comportent par exemple le temps de mise en veille, ou le mode de fonctionnement de la pédale. Ces paramètres sont récupérés au branchement de l'appareil. Ils sont mis à jour à chaque changement : dès que l'utilisateur modifie un paramètre, un message SysEx est envoyé à l'appareil.
- Les paramètres de préréglage (Preset Settings) sont des paramètres assignés à chaque contrôle de l'appareil. Par exemple, cela peut être la note assignée à un pad (touche carrée utilisée pour les percussions), ou le minimum et le maximum d'un fader (curseur, en haut à droite du clavier sur l'image).

Ceux-ci sont assignés à des "profils" : en fonction de l'appareil, certains sont prédéfinis et non modifiables, comme par exemple le profil DAW qui est compatible avec les logiciels de Musique Assistée par Ordinateur, tandis que d'autres sont personnalisables. Ainsi, on peut importer le profil que l'on désire depuis l'appareil, le modifier, puis le réinsérer dans le profil souhaité sur l'appareil.

Il est possible d'importer et d'exporter ces paramètres sur des fichiers locaux sur l'ordinateur. Cela permet à l'utilisateur de sauvegarder un paramétrage de son clavier, ou encore de le partager sur une autre unité. Les paramètres sont sauvegardés sous un format JSON, liant l'ID de chaque paramètre à sa valeur.

3.4 Les API Web MIDI et Web USB.

L’API Web MIDI [6] fournit un moyen aux applications web d’interagir avec les périphériques MIDI connectés à l’ordinateur. Elle permet d’envoyer et de recevoir des messages MIDI. Par exemple, dans notre cas précis, nous pouvons recevoir des messages de Note On / Note Off, mais aussi envoyer des messages SysEx permettant de modifier les paramètres du périphérique.

Cette API existe depuis plus de 10 ans, et est supportée par l’organisme de standardisation W3C. Elle est cependant encore en stade de développement, et bien qu’elle ait été supportée par l’organisme de standardisation W3C, celui-ci ne l’a pas standardisée [7]. Cela signifie que son soutien par les navigateurs n’est pas obligatoire. Actuellement, cette API n’est disponible que sur les navigateurs Safari et Chromium. Cependant, cela ne pose aucun problème pour notre application, car nous avons la liberté de choisir le navigateur. En l’occurrence, celui que nous utilisons est celui de Juce, et il est basé sur Chromium pour Windows, et sur Safari pour Mac.

Comme l’API Web MIDI, l’API Web USB [8] est en cours de développement, supportée mais non standardisée par l’organisme W3C. Cette API permet la communication en protocole USB entre une application Web et un périphérique connecté à l’utilisateur. Nous pouvons observer sur cette API plusieurs mesures de sécurité [9] : parmi elles, une impossibilité de se connecter à l’appareil voulu sans action préalable de l’utilisateur (i.e., un clic sur bouton).

4 Propositions scientifiques et techniques.

4.1 Méthodologie de travail.

4.1.1 Organisation de l’équipe et réunions.

L’équipe Compagnon, sous-équipe de l’équipe Système, se réunit pour un stand-up chaque matin, où chacun fait part de ce qu’il a fait la veille ainsi que ce qu’il prévoit de faire le jour-même. C’est aussi l’occasion d’évoquer les problèmes rencontrés et de recueillir les avis de l’équipe.

Nous effectuons également une réunion d’architecture du projet GeMAPS/UCC tous les vendredis. Durant ces réunions, nous concevons ensemble le projet sur lequel nous travaillons.

Une réunion de l’équipe Système est effectuée tous les mois.

Par ailleurs, Arturia réalise un *General Meeting* tous les mois, où tous les membres d’Arturia se réunissent pour une présentation générale de l’avancée des projets de l’entreprise. Ces réunions spécifiques, que l’on trouve rarement dans d’autres structures, m’ont parues très intéressants. Elles m’ont permis de découvrir des projets concernant des secteurs de l’entreprise éloignés du mien, et m’ont fait découvrir le fonctionnement d’une entreprise de cette taille.

4.1.2 Git et revues de code.

Durant mon projet, j'ai fonctionné avec Git. Etant le seul à travailler quotidiennement sur la partie Web de ces applications, le Git était composé d'une branche principale, et d'une branche secondaire sur laquelle je faisais des modifications avant de faire une Merge Request (MR). Ainsi, je pouvais, quand elles étaient importantes, faire approuver les modifications par Fabian Biolay pendant des revues de code, avant de les intégrer à ma branche principale. J'ai travaillé ainsi sur 3 projets sur le GitLab de l'entreprise, lesquels sont la page hôte qui accueille les deux applications, l'Arturia Software Center, et le Midi Control Center.

4.2 Environnement technique.

4.2.1 Architecture modulaire.

L'architecture modulaire que nous souhaitons développer se nomme GeMAPS, signifiant Generic Modular Architecture (With) Pluggable Services.

Le choix de l'architecture modulaire se justifie ici sur plusieurs aspects :

- Un besoin de simplifier l'expérience utilisateur : en effet, les utilisateurs d'Arturia ont actuellement besoin de multiples logiciels Compagnon pour avoir un environnement Arturia fonctionnel, ce qui rend cet accès plus difficile. L'équipe support a fait remonter des plaintes d'utilisateurs ayant des difficultés à utiliser par exemple un clavier maître Arturia, et c'est donc une volonté de l'entreprise de simplifier l'expérience d'accueil utilisateur sur plusieurs projets. Par exemple, pour utiliser et mettre à jour le firmware d'un clavier maître Arturia, un utilisateur doit d'abord télécharger l'Arturia Software Center, s'en servir pour enregistrer le clavier, puis télécharger le Midi Control Center à l'aide de l'ASC, ce qui installe le pilote par la même occasion, puis enfin télécharger la mise à jour sur le Midi Control Center.
- Arturia souhaite se tourner vers une architecture plus facilement évolutive, permettant une interopérabilité entre les logiciels. En effet, nous pouvons remarquer des besoins communs entre les logiciels Arturia Software Center et Midi Control Center. De plus, de nombreuses fonctionnalités pourraient être réutilisées dans d'autres modules.
- De manière plus spécifique au logiciel Midi Control Center, l'architecture modulaire permet également de réduire la taille d'installation sur l'ordinateur de l'utilisateur. En effet, dans le MCC actuel, toutes les images et fichiers de paramètres de tous les appareils Arturia sont téléchargés avec le logiciel, et ceci même si l'utilisateur n'en a besoin que pour un contrôleur. Ceci signifie également qu'à chaque nouvelle création d'appareil Arturia, ou à chaque mise à jour de paramètres, il existe une nouvelle mise à jour du Midi Control Center. Une architecture modulaire, avec un module de Midi Control Center par appareil, permettrait ainsi de réduire les téléchargements et mises à jours inutiles sur l'ordinateur utilisateur.

C'est ainsi une approche qui répond aux besoins utilisateurs, tout en permettant des développements futurs plus efficaces.

Cette architecture doit pouvoir charger des modules composés d'une interface et d'un back-end, ainsi que les afficher dans un hôte.

4.2.2 Architecture d'un module

On pourra caractériser un module par aucune, une ou plusieurs pages Web, ainsi qu'aucune, une ou plusieurs librairies applicatives C++.

Par exemple, le Midi Control Center du MiniLab 3 est composé d'une seule page Web. Celle-ci se sert de l'API Web MIDI pour communiquer avec le clavier maître. A l'avenir, une librairie C++ sera développée pour permettre la mise à jour Firmware ou la sauvegarde de templates.

D'autre part, l'Arturia Software Center est composé de trois pages Web, que sont les trois onglets de l'Arturia Software Center actuel, ainsi que d'une librairie back-end C++, qui permet de mettre à disposition des endpoints pour la connexion utilisateur, la récupération de produits, le téléchargement, et toute la partie en ligne ou applicative de l'ASC.

Cependant, plusieurs modules seront des cas spécifiques dans cette architecture modulaire : la page principale, qui permet de naviguer entre les modules, doit être celle qui est affichée par défaut, et ne doit pas être servie sur les mêmes endpoints que les autres pages. Par ailleurs, l'Arturia Software Center nécessite une connexion de l'utilisateur : ainsi, nous n'afficherons qu'une page Web de connexion, au lieu des 3 onglets prévus, tant que l'utilisateur n'est pas connecté à son compte Arturia.

4.2.3 Environnement technique de l'application Unified Control Center.

Si l'on retire les modules, l'application Unified Control Center fonctionne en plusieurs parties, que l'on peut rassembler en deux groupes : le serveur, et l'hôte.

Le serveur crée une interface HTTP, qui permet de mettre à disposition des endpoints pour tous les fichiers Web qu'affichera l'hôte, ainsi que tous les endpoints back-end que les interfaces Web requêteront.

- Par exemple, pour la page de connexion de l'Arturia Software Center, le serveur récupère et distribue la page asc/web/login/index.html ainsi que le logo asc/web/assets/logo.png.
- Le serveur intègre également la librairie asc/lib/asc.dll, ce qui lui permet de mettre à disposition un endpoint POST à /asc/session. Cet endpoint permet au front-end de connecter l'utilisateur.

L'hôte affiche la page Web principale, et est nommé UCC GUI. Nous utilisons pour l'instant le navigateur intégré au framework C++ Juce, qui intègre Internet Explorer (lui-même basé sur Chromium) sous Windows et WebKit sous Mac. Nous envisageons, pour le futur, d'utiliser Chromium Embedded Software (CEF), afin d'unifier les navigateurs sous tous les systèmes d'exploitation, et également afin d'avoir un contrôle plus grand sur le navigateur.

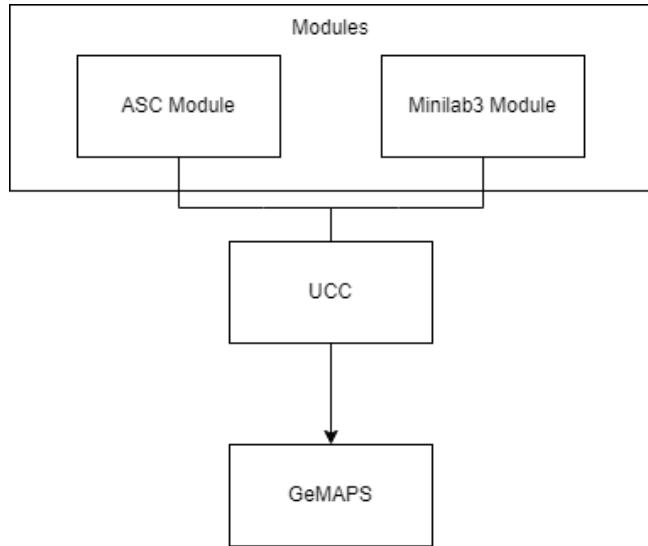


Figure 7: Architecture de l'application GeMAPS

4.2.4 Environnement technique front-end.

Pour l'environnement technique front-end, j'ai pu prototyper dès le début du stage l'utilisation de différents frameworks Web dans l'application GeMAPS : React, Angular, et Vue.

Pour développer les prototypes de l'Arturia Software Center et du Midi Control Center, le choix du framework m'a été laissé : je me sentais plus compétent sur Angular TypeScript, car c'était ce que j'avais utilisé durant le stage précédent. Ceci s'est révélé être une erreur, car cela ne correspondait pas à la stack technologique utilisée au sein de l'entreprise, notamment de l'équipe Web qui travaille avec Vue Nuxt. Afin de favoriser la cohérence de l'entreprise, ainsi que pour bénéficier des conseils d'experts dans le framework, il m'a été recommandé de refactoriser les projets en Vue Nuxt. Cette démarche a permis ainsi une meilleure uniformité dans l'entreprise, ainsi qu'une progression plus rapide de mes compétences personnelles. J'ai également adopté les autres caractéristiques d'environnement technique de l'équipe Web, que sont l'utilisation de Tailwind et du PostCSS pour les styles.

4.2.5 Environnement pour la gestion de projet

L'équipe Compagnon utilise Trello pour la gestion de projet. L'équipe s'en sert pour gérer les tickets, distribuer les tâches, visualiser les tâches en attente de chaque projet ainsi que les tâches en cours.

4.3 Propositions techniques / Implémentations

4.3.1 Prototypage d'utilisation de framework Web

Ma première tâche à Arturia furent de démontrer la possibilité d'utiliser différents frameworks Web dans l'application GeMAPS. J'ai ainsi pu réaliser, en Vue, React et Angular, la reproduction d'une page de l'Arturia Software Center, ainsi que l'afficher dans une page principale basique permettant de naviguer entre les pages Web distribuées.

Les résultats de ce prototypage ont révélé que peu de différences importantes étaient observables entre ces différents frameworks une fois l'application Web compilée. Le point de différence majeur fut que l'architecture de fichiers compilés n'est pas la même par défaut sur ces différentes technologies, et nécessite donc de lister les fichiers et répertoires à distribuer pour le serveur de fichiers de GeMAPS.

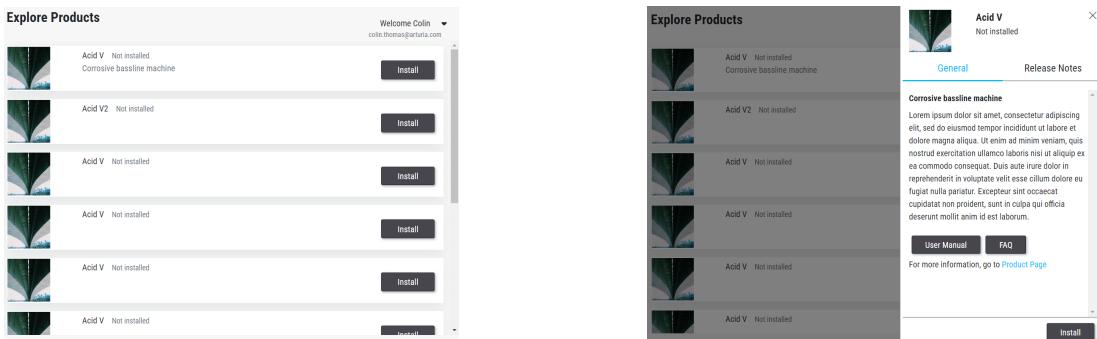


Figure 8: Page utilisée pour démontrer l'utilisation de différents frameworks dans GeMAPS

Dans le cas d'un serveur Web classique, lorsqu'un navigateur demande une page sans extension, par exemple `www.page.com/chemin`, le serveur servira automatiquement le fichier `www.page.com/chemin/index.html` s'il existe. Dans notre cas, nous ne souhaitions pas fonctionner ainsi, car notre serveur sert aussi bien les pages web que les endpoints du back-end. En effet, l'extension présente sur les fichiers Web nous permet de les différencier des endpoints back-end.

Cependant, le problème se complexifie dans le cas de Vue Nuxt, car celui-ci utilise une surcouche de navigation qui ne reconnaît que les chemins sans la partie finale `/index.html`. Il en résulte que le serveur refuse de servir une page si elle ne termine pas par `/index.html`, mais lorsqu'on le rajoute, Vue Nuxt refuse l'accès.

La solution de contournement que nous avons choisie est un middleware intégré au code du

front-end : à chaque navigation sur une nouvelle page terminant par /index.html, le chemin sera changé en retirant ce suffixe.

4.3.2 Fonctionnement de la page principale

L'architecture de la page principale se présente ainsi :

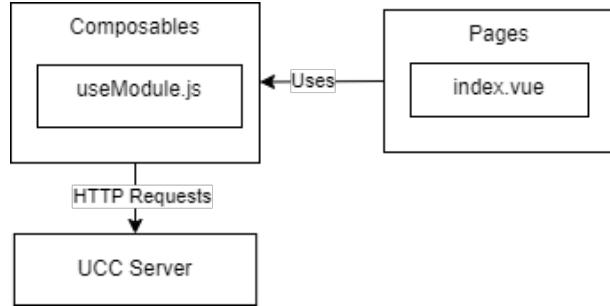


Figure 9: Architecture de la page principale de GeMAPS (UCC)

Ici, le *Module Loader* représente l'élément du back-end de GeMAPS qui met à disposition des endpoints permettant de connaître les modules disponibles.

Au démarrage de l'application, l'application servant de navigateur affiche la page principale du UCC, que l'on va appeler la page Unified Control Center (UCC).

Cette page principale comporte un menu de côté dépliable, qui montre la liste des modules qu'on affiche dans l'application. Chaque module est chargé dans une iframe cachée. En cliquant dessus, on rend visible l'iframe concernée, et on affiche ainsi l'interface sélectionnée.

Ce menu de côté est rempli au démarrage de l'application : la page principale requête le serveur pour déterminer quels sont les endpoints où une ou plusieurs interfaces sont disponibles. Ensuite, elle requête le fichier de configuration de ces interfaces Web, et y trouve ses pages à afficher, leurs logos, leurs noms et leurs URLs correspondantes. Enfin, elle affiche une carte dans le menu de côté pour chaque interface, permettant ainsi à l'utilisateur de naviguer facilement entre les modules.

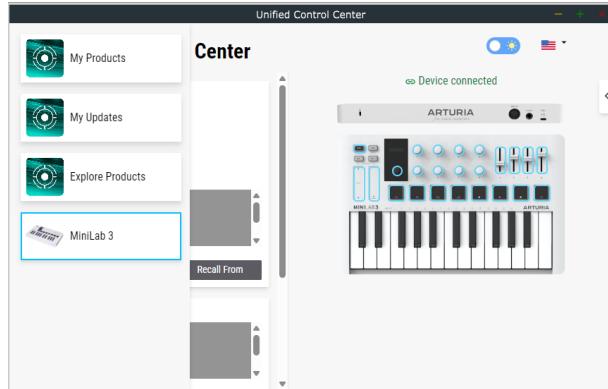


Figure 10: Unified Control Center avec le menu de côté déplié et le MCC sélectionné

Chaque interface décrite dans le fichier de configuration de chaque module est ainsi ouverte dans une iframe à l'intérieur de la page UCC.

Ouvrir les iframes de chaque module à l'avance et cacher sans fermer les iframes non sélectionnées a été une décision prise dans le but de pouvoir charger les pages au préalable afin d'éviter une attente inutile à l'utilisateur à chaque fois qu'il veut changer de module : par exemple, le Midi Control Center chargera les paramètres du clavier branché, et l'Arturia Software Center synchronisera les licences de l'utilisateur.

4.3.3 Architecture Web de l'Arturia Software Center

L'architecture des interfaces Web de l'Arturia Software Center est organisée de la manière suivante :

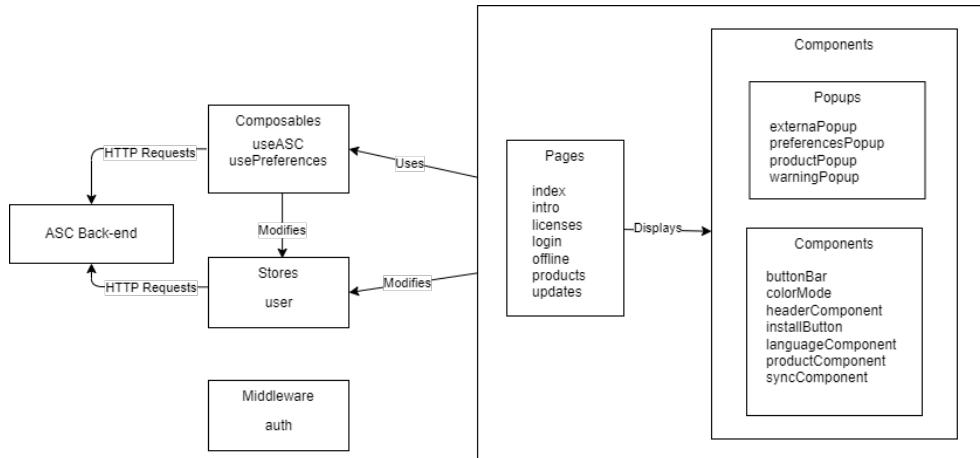


Figure 11: Architecture de l'interface Web de l'Arturia Software Center

Les pages représentent les pages Web que l'on peut visiter : ici, les pages *licenses*, *products* et *updates* sont les onglets affichés par GeMAPS une fois connecté. Les pages *login* et *offline* sont accessibles si l'utilisateur n'est pas connecté, et la page *intro* s'affiche au moment de la première connexion de l'utilisateur, dans le but de lui présenter l'Arturia Software Center.

Les composants sont des éléments affichés par les pages. Parmi les plus importants, le *productComponent* est l'élément de carte contenant les informations réduites des produits lorsque l'on affiche une liste de produits, et le popup *productPopup* affiche les détails d'un produit lorsqu'on le sélectionne.

Les composables sont des éléments de processing, appelables par les pages, les composants, ou d'autres composables. Ici, *useASC* est le composable principal de communication avec le back-end, tandis que le composable *usePreferences* communique avec le back-end à propos des préférences de l'utilisateur.

Le store *user* contient les informations utilisateur, que sont le nom ou l'e-mail utilisateur,

mais également la logique de connexion ou déconnexion et la communication avec le back-end que ceci implique.

Enfin, le middleware *auth* sert de composant logiciel intermédiaire entre le navigateur et la page Web. Il redirige automatiquement tout utilisateur non connecté vers la page de connexion.

4.3.4 Fonctionnalités clés de l'Arturia Software Center

La connexion utilisateur : La connexion utilisateur comporte ici plusieurs points de complexité.

En effet, la connexion de l'Arturia Software Center déjà existant inclut la synchronisation, c'est à dire le moment où le back-end vérifie que toutes les images et descriptions de produits sont pré-téléchargés, récupère les dernières versions de logiciels mis à jour, et récupère les licences actuellement possédées par l'utilisateur. Tout ceci se produit après que l'utilisateur ait entré un identifiant et un mot de passe correct : on affiche alors une page de synchronisation pour le faire attendre. La question de l'implémentation dans une architecture où l'on a séparé le back-end et le front-end s'est alors posée : comment prévenir le front-end que la synchronisation est terminée ? Nous avons opté pour l'utilisation de Server-Sent Events (SSE). Ainsi, lorsque l'utilisateur se connecte, sa requête ne reçoit pas de réponse avant la fin de la synchronisation. En revanche, l'avancement de la synchronisation est partagé entre le back-end et le front-end par SSE (*Server-Sent Events*) envoyés par le back-end, informant soit du début, soit de la réussite, soit de l'échec de la synchronisation.



Figure 12: Page de connexion de l'ASC

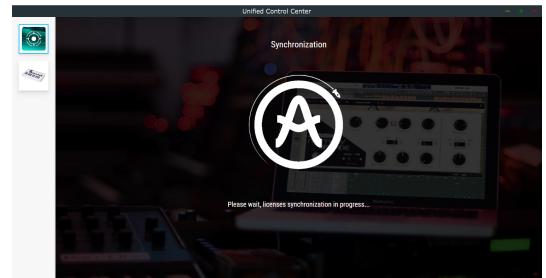


Figure 13: Page de synchronisation de l'ASC

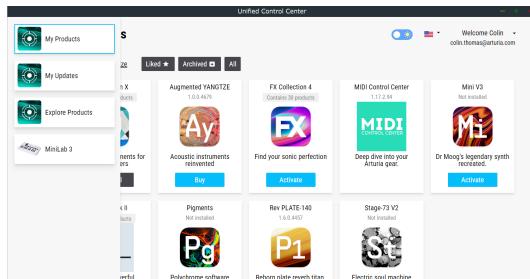


Figure 14: Effet du statut de connexion sur la page principale de GeMAPS

Nous avons rencontré un autre défi avec la fonctionnalité de l'auto-login, qui est implémentée

par l'Arturia Software Center existant, et qui permet à l'utilisateur de n'avoir à se connecter qu'une fois sur sa machine. Dans notre cas, puisque nous démarrons le back-end et le front-end en même temps, il est crucial pour le front-end de savoir à quelle étape de la connexion se trouve le back-end pour afficher les pages correspondantes. Pour résoudre ce problème, nous avons décidé d'ajouter un endpoint au back-end, qui permet, en cas d'auto-login, de demander si l'utilisateur est en cours de connexion, de synchronisation, ou si tout est déjà terminé.

Enfin, il était illogique d'un point de vue de l'expérience utilisateur d'avoir 3 pages disponibles pour les 3 onglets de l'Arturia Software Center, même si ceux-ci sont déconnectés. L'utilisateur voyait de cette façon 3 fois la même page de connexion. Pour y remédier, nous avons décidé de ne rendre disponible qu'une page de connexion sur la page principale de GeMAPS, tant que l'utilisateur n'est pas connecté. Cela nécessite ainsi de partager le statut de connexion entre la page Web principale, et la page Web de l'Arturia Software Center. Pour ce faire, nous avons décidé de passer par le stockage local de navigateur.

Installation de produits : Le fonctionnement de l'installation de produits comporte de nombreuses ramifications dans l'Arturia Software Center existant, qui s'affichent toutes sur le bouton d'installation. Pour les reproduire, j'ai décidé de créer un composant *InstallButton* qui prendrait l'id du produit en entrée, ainsi que quelques éléments lui indiquant ce qu'il doit afficher, que l'on décidera en fonction de l'emplacement où il se trouve.

La complexité de ce composant se situe dans plusieurs éléments :

- Premièrement, il présente de nombreuses possibilités. Pour les lister, nous avons le bouton de mise à jour, d'installation, d'installation de produit "bundle", de téléchargement en cours, de téléchargement en pause, d'installation en cours, d'échec de téléchargement, d'échec d'installation, d'activation, d'achat, de mise à jour avec options et de désinstallation avec options.
- Ensuite, son affichage ne dépend pas uniquement du produit auxquel il correspond, mais aussi de l'emplacement où on l'utilise : l'activation ou l'achat ne doit s'afficher que dans la page "My Products", et les boutons avec options ne doivent s'afficher que dans les détails du produit. De plus, dans une carte compacte de produit, l'activation prend le dessus sur l'installation, mais dans les détails du produit, les deux boutons d'activation et d'installation s'affichent côté à côté.
- De plus, les boutons de téléchargement en cours et de téléchargement en pause doivent afficher, sur survol de souris, des options de pause et d'arrêt du téléchargement.
- Enfin et surtout, le bouton doit se mettre à jour s'il est en mode téléchargement ou installation. Ceci induit une complexité supplémentaire, car nous ne souhaitons pas que le bouton se mette à jour s'il ne concerne pas un téléchargement. En effet, cela concernerait donc tous les produits et demanderait beaucoup de puissance. Cela signifie que si on lance un téléchargement dans les détails du produit, il faut que le bouton de la vue compacte commence à se mettre à jour aussi, et demande donc un envoi d'information

supplémentaire entre les boutons.

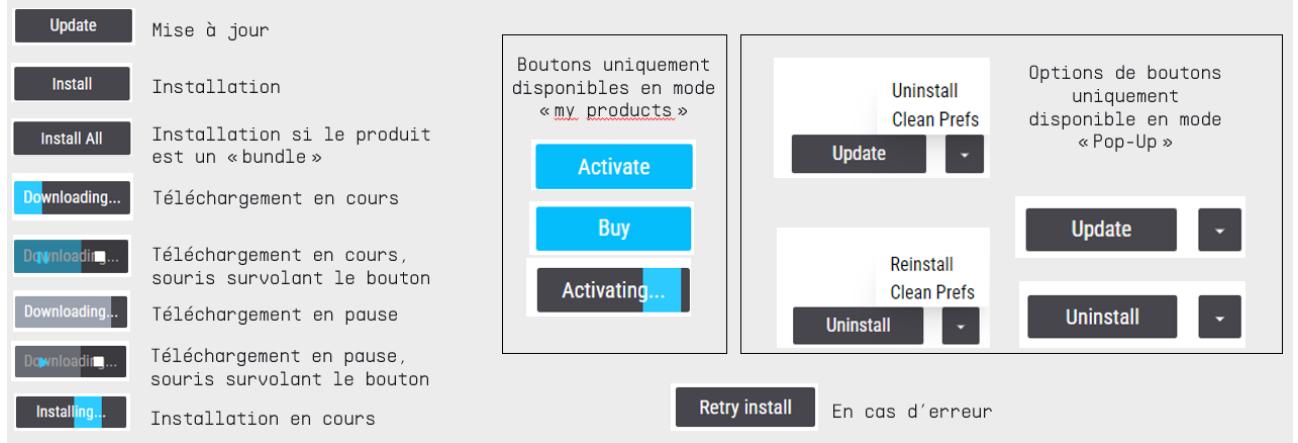


Figure 15: Ensemble des boutons d'installation possibles

Fonctionnalité multilingue : Le multilingue est une fonctionnalité essentielle pour Arturia, et est en cours de développement dans plusieurs projets. La facilité de développement multilingue qu'amène la technologie Web est un autre avantage que démontre mon prototype.

Pour développer cette fonctionnalité, j'ai utilisé les mêmes technologies que l'équipe Web d'Arturia. En effet, comme mentionné précédemment, l'équipe de développement Web d'Arturia a déjà mis en place un système complexe de traitement des traductions, et travailler de manière uniforme avec celle-ci permettra ainsi de s'intégrer à son processus de traduction.

J'utilise ainsi le package `@nuxtjs/i18n`. En pratique, je peux remplacer chaque texte à traduire par un identifiant qui lui est propre dans chaque composant ou page Web. Ensuite, j'écris au format JSON le texte auxquels correspond chaque identifiant, en français et en anglais.

Pour passer d'une langue à l'autre, j'ai créé un composant qui permet de choisir entre les langues disponibles.

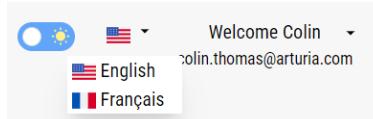


Figure 16: Composant de sélection de langue

Une fois le projet compilé pour la production, toutes les pages existent en autant d'exemplaires qu'il y a de langues disponibles : ainsi, par exemple, la page `login/index.html` française est disponible à l'adresse `fr/login/index.html`

Mode sombre : De même, le Mode sombre est une fonctionnalité commune et très documentée en technologies Web. Pour le développer, j'ai utilisé l'attribut de Tailwind PostCSS

pour créer un style sombre pour chaque page et composant Web, et j'ai créé un composant permettant de sélectionner le mode voulu, que j'ai ajouté au header.

De même que pour la connexion, je partage cet élément par le stockage local du navigateur afin que toutes les fenêtres de GeMAPS, ainsi que la fenêtre hôte, passent en mode sombre lorsqu'il est déclenché sur un module.

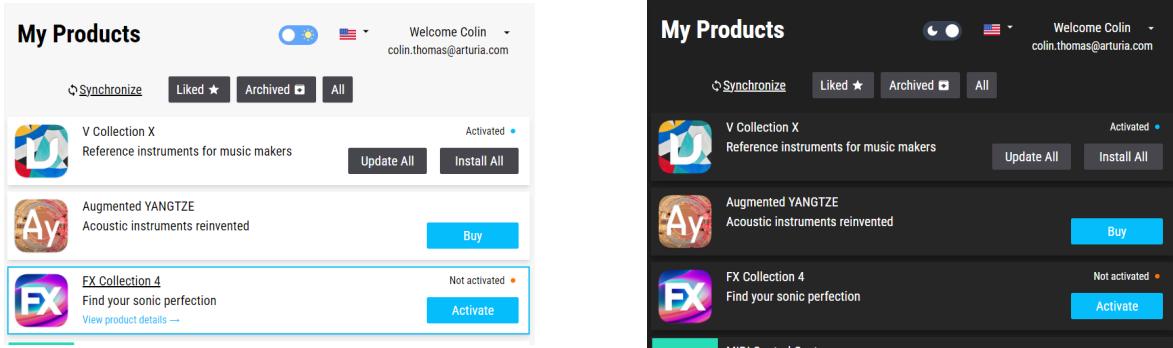


Figure 17: Effet du Mode sombre sur l'ASC

Favoris et Archivés : Une des fonctionnalités qui m'ont été demandées pendant mon développement, a été de créer des catégories Favoris et Archivés pour les produits : en effet, en possédant de nombreux produits Arturia, la liste peut être longue, et il peut être fastidieux de naviguer longtemps pour chercher un produit que l'on utilise souvent.

J'ai ainsi ajouté une barre de boutons Favoris, Archivés et Tous sur l'Arturia Software Center, afin de pouvoir sélectionner quels produits afficher. De même, j'ai ajouté des boutons Favoris et Archivés dans la page détails du produit. J'ai choisi de développer cette fonctionnalité de la manière la plus modulaire possible, afin qu'ajouter une catégorie supplémentaire à 'Favoris' ou 'Archivés' puisse être fait facilement.

Réactivité : Une autre fonctionnalité très demandée, et facilitée par le Web, a été de faire un affichage dynamique, qui réagit au changement de taille de la fenêtre. En effet, l'Arturia Software Center déjà existant bloque sa taille, et ne peut pas être mis en plein écran.

Pour cette tâche, j'ai mis en place un affichage basé sur des cartes. Ainsi, lorsque la fenêtre est agrandie en largeur, les produits qui dépassent une certaine largeur sont présentés sous forme de grille de cartes.

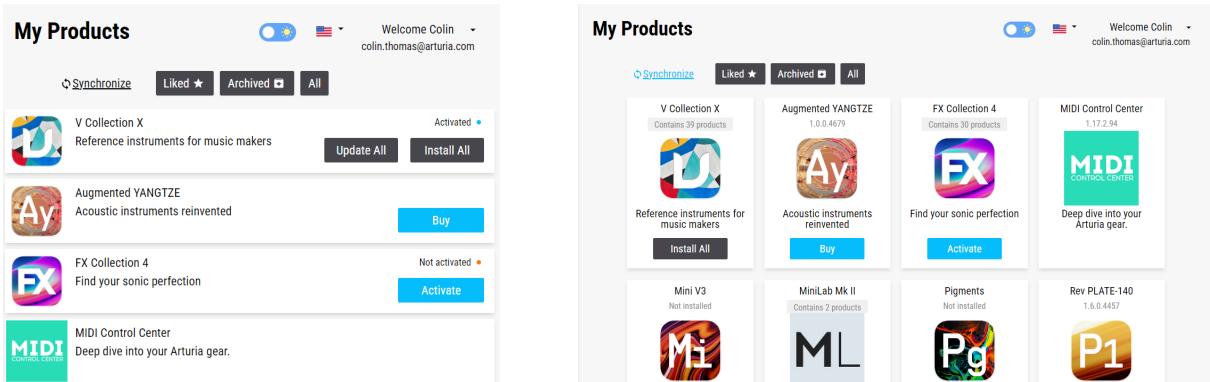


Figure 18: Affichage des produits réagissant à la taille de la fenêtre.

4.3.5 Architecture Web du Midi Control Center

L'architecture des interfaces Web du Midi Control Center est organisée de la manière suivante:

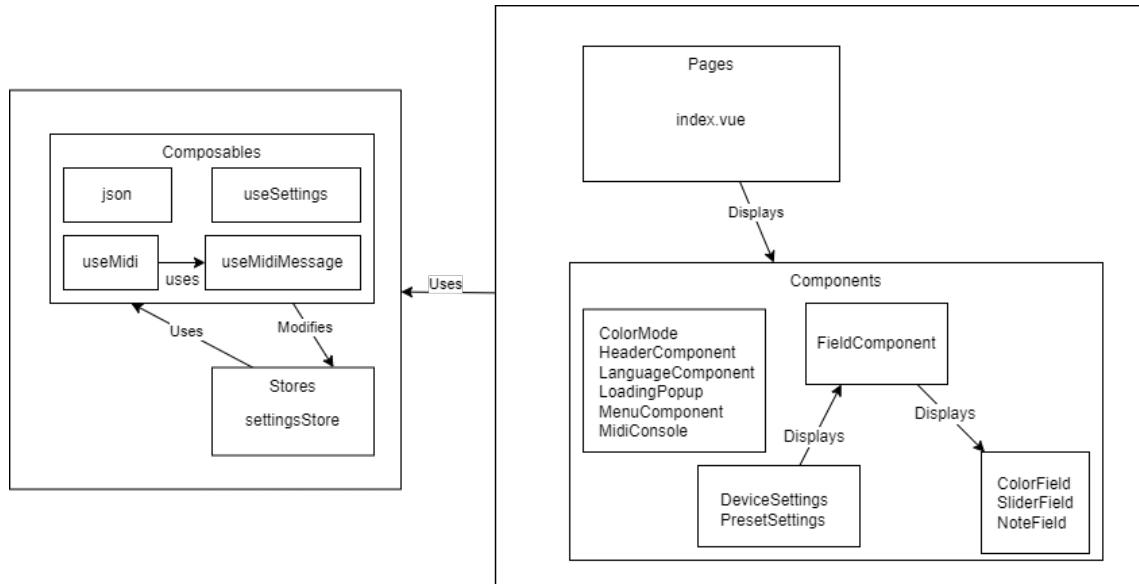


Figure 19: Architecture de l'interface Web du Midi Control Center

Cette application Web n'a qu'une seule page.

Les composants *ColorField*, *SliderField* et *NoteField* sont des composants affichant respectivement des champs de sélection de couleur, de valeur sur slider et de note de musique. Ils sont utilisés par le plus large *FieldComponent*, lui-même affiché dans le composant *DeviceSettings*, affichant les paramètres d'appareil, et *PresetSettings*, affichant les paramètres de préréglage.

Les composables sont utilisés par la page, les composants, les autres composables, et le store. Nous pouvons y retrouver *useJSON*, qui contient des outils de gestion des fichiers de paramètres JSON, comme par exemple la création et le téléchargement d'un objet au format

JSON. *useSettings* contient la logique de gestion des settings ainsi que de leur envoi et réception au contrôleur MIDI. *useMidi* utilise une logique plus basse, servant de surcouche à l'API Web MIDI, et *useMidiMessage* contient la logique de traitement et de traduction des messages MIDI. Cela lui permet de déterminer par exemple si c'est un SysEx, quel est le contrôle concerné, ou quelle valeur il transporte. Il peut également créer un message SysEx à envoyer au contrôleur.

Le store *settingsStore* stocke les paramètres d'appareil et les paramètres de préréglage.

4.3.6 Fonctionnalités clés du Midi Control Center

Nous nous sommes ici limités au Midi Control Center appliqué au contrôleur MIDI MiniLab 3 d'Arturia.

L'API Web MIDI : J'ai tout d'abord réalisé une preuve de concept de l'utilisation de l'API Web MIDI, où j'ai réussi à récupérer les touches appuyées et les vélocités du MiniLab 3 entièrement en Web. Ensuite, j'ai également exploré l'utilisation des messages SysEx dans cette preuve de concept pour valider leur fonctionnalité en API Web MIDI. Après avoir validé leur fonctionnement sur le MiniLab 3, je l'ai ensuite implémenté dans un Midi Control Center complet pour le MiniLab 3.

Lors de mon utilisation de l'API Web MIDI, j'ai privilégié le développement de composables génériques et réutilisables, afin de permettre une réutilisation facile de mes travaux, ainsi qu'une adaptation rapide pour le Midi Control Center d'autres appareils.

L'API Web USB et l'update Firmware : J'ai pu prototyper, pendant mon développement du Midi Control Center, une fonctionnalité d'update firmware des appareils Arturia entièrement en Web. Pour faire ceci, j'ai utilisé l'API Web USB¹, en m'appuyant sur un projet open-source² implémentant une update firmware DFU Web pour les cartes électroniques STM32. J'ai d'abord commencé par l'expérimenter sur le MiniLab 3, qui fait partie des produits qui n'ont qu'un micro-processeur à mettre à jour, et est donc plus simple. Puis je suis passé au MiniFreak, qui possède 6 micro-processeurs à mettre à jour les uns après les autres.

Sur Windows, Arturia utilise un pilote USB MIDI propriétaire, qui lui permet notamment de mettre à disposition ses interfaces MIDI à plusieurs clients en même temps. Ce pilote fut le problème majeur que j'ai rencontré, car il empêche la mise à jour sur Windows en raison de son incompatibilité avec l'API Web USB, conçu pour le pilote générique WinUSB. J'ai pu tout de même réaliser la mise à jour sur Mac ainsi qu'en remplaçant le driver Arturia par WinUSB sur Windows. Ceci pose cependant un frein à la réalisation d'un Midi Control Center entièrement en technologies Web. En effet, nous ne pouvons pas pour l'instant nous passer de ce pilote dans tous les produits Arturia, et nous ne pouvons l'utiliser qu'en C++.

¹<https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/USB>

²<https://github.com/devanlai/webdfu>

Cependant, ce prototype reste pertinent, car il permet d'imaginer des possibilités futures sur des produits qui auront un pilote différent. En effet, plusieurs produits Arturia n'utilisent pas le pilote de l'entreprise, qui communique en MIDI, mais bien WinUSB, grâce à un descripteur USB Microsoft OS 2.0. La raison à cela est double : la communication MIDI est lente, et pose donc problème sur des produits avec beaucoup de paramètres comme le PolyBrute, mais surtout, la communication MIDI est ouverte à tous les logiciels. Cela signifie qu'un logiciel de Musique Assistée par Ordinateur, comme Ableton, sur lequel on branche un MiniFreak et auquel on vient ajouter le plug-in MiniFreak V, peut accéder au port MIDI autant que le logiciel MiniFreak V. Cela peut donc potentiellement perturber la communication entre le MiniFreak et son plug-in. Ce problème a déjà été identifié sur plusieurs produits qui ont un plug-in associé. Il en résulte que certains produits, comme le MiniFreak ou le récent AstroLab, n'ont pas de pilote MIDI mais plutôt un pilote USB, et peuvent donc être mis à jour en Web USB même sur Windows.

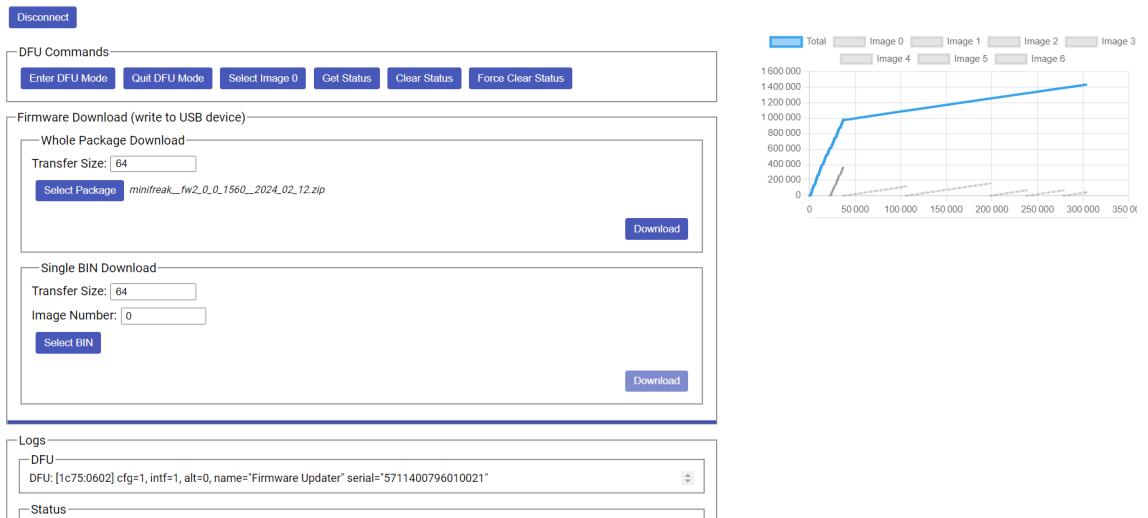


Figure 20: Prototype d'utilisation de l'API Web USB pour l'update firmware DFU

La création d'une nouvelle interface : Je me suis ensuite lancé dans la conception d'un Midi Control Center Web appliquée au MiniLab 3. Le Midi Control Center possède des interfaces graphiques vieillissantes : contrairement à l'Arturia Software Center, que j'ai recopié comme tel, j'ai cherché à retravailler les interfaces du MCC. Puisque les deux logiciels vont être fusionnés dans une seule architecture modulaire, j'ai souhaité uniformiser les visuels entre l'Arturia Software Center et le Midi Control Center.

J'en ai donc repris les couleurs et les polices de caractères. Je me suis également inspiré des cartes avec ombres de l'ASC pour les différents menus du Midi Control Center.

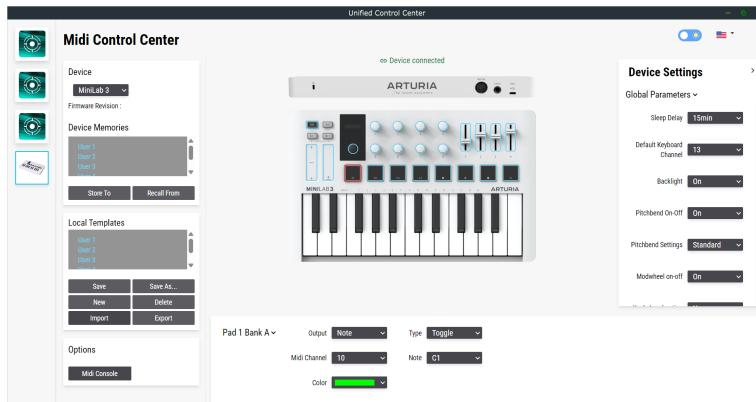


Figure 21: MCC retravaillé pour être uniforme avec l'ASC.

On peut remarquer ici les boutons bleus alignés sur les contrôles du MiniLab 3 : ils permettent de sélectionner le contrôle dont nous souhaitons modifier les paramètres. Dans le Midi Control Center existant, leur disposition s'organise sur la base d'un fichier JSON qui précise l'identifiant de chaque contrôle, son emplacement, sa forme et sa taille. C'est donc sur ce fichier-là que je récupère la disposition de tous les contrôles. Cependant, les tailles et emplacements sont renseignés en pixels, ce qui ne convient pas à mon fonctionnement réactif au redimensionnement de la page : je récupère donc la taille en pixels de l'image, et je traduis toutes les tailles et emplacements des contrôles en pourcentages de l'image : de cette manière, l'image du contrôleur et ses contrôles se redimensionnent correctement en fonction de la taille de la fenêtre.

La gestion des paramètres de l'appareil :

Tous les paramètres du MiniLab3 sont stockés dans le Store de l'application Web.

- Paramètres d'appareil : Tout comme le faisait Midi Control Center déjà existant, les paramètres d'appareil sont chargés au branchement du MiniLab 3. De même, à chaque changement de valeur d'un paramètre d'appareil, un message SysEx est envoyé au MiniLab 3 pour opérer ce changement.
- Paramètres de préréglage : Concernant les paramètres de préréglage, nous opérons également en suivant la méthode du Midi Control Center actuel : nous pouvons ainsi importer et exporter tous les paramètres de préréglage de chaque profil sur le contrôleur.

Cependant, la sauvegarde des paramètres sur l'ordinateur pose problème : elle est impossible en Web car cela poserait des problèmes de sécurité. Ainsi, nous avons conceptualisé, avec l'équipe Compagnon, un module sans interface graphique, qui servirait de système de fichiers. Il aurait un endpoint pour importer un fichier, et un autre pour exporter. Créer ce module sans interface plutôt qu'intégrer cette fonctionnalité au back-end du MCC MiniLab 3 permettrait de créer un module générique utilisable par tout autre module Web ayant besoin du système de fichiers. En attendant le développement d'un tel

service, j'ai réalisé un import par sélection de fichier, et un export en téléchargement dans le dossier par défaut de téléchargement du navigateur.

Lors de l'import de paramètres, nous envoyons le SysEx demandant ce paramètre en particulier, puis nous attendons la réponse de l'appareil. En cas de non-réponse, nous renvoyons le SysEx deux fois de plus avant de déclarer une erreur.

Cette méthode d'envoi séquentiel de SysEx, en attente de réponses avant d'envoyer les suivants, convient au MiniLab 3 en raison de son nombre limité de paramètres. Pour un appareil avec plus de paramètres, nous pouvons également envisager d'envoyer tous les SysEx à la suite sans attendre les réponses, et de traiter les réponses à leur réception. Cette méthode sera cependant à appliquer avec attention, car les microprocesseurs des appareils ne peuvent pas suivre la vitesse de l'ordinateur pour la récupération des SysEx : il faudra, si nous n'attendons plus la réponse SysEx de l'appareil avant d'envoyer le prochain message, sélectionner une temporisation qui permettra à l'appareil de traiter ce qu'il reçoit au fur et à mesure.

Fonctionnalités supplémentaires : J'ai implémenté dans ce Midi Control Center la fonctionnalité multilingue ainsi que le mode sombre, de la même manière et avec les mêmes technologies et composants que pour l'Arturia Software Center.

4.4 Expérimentations et validations

Les expérimentations et validations ont été une partie importante de mon projet de fin d'études.

Comme mentionné précédemment, j'ai réalisé plusieurs preuves de concept préalables au développement des prototypes d'Arturia Software Center et de Midi Control Center.

Parmi elles, j'ai pu expérimenter l'utilisation de GeMAPS pour distribuer différents frameworks (Vue, React et Angular), et vérifier leur bon fonctionnement. Pour réaliser cette expérimentation, j'ai choisi une page Web comportant plusieurs éléments clés, comme un pop-up provenant de packages extérieurs, des images ou des éléments scrollables.

J'ai également expérimenté l'utilisation des API de Web MIDI et de Web USB. Pour le Web MIDI, j'ai réalisé une page Web capable d'afficher les contrôles saisis sur le contrôleur midi, et capable d'envoyer des informations SysEx et de réclamer des valeurs SysEx. J'ai pu ainsi rapidement réaliser qu'aucun obstacle ne se posait à l'utilisation du Web USB dans un Midi Control Center en technologies Web. Pour le Web USB, j'ai développé une page capable de mettre à jour les appareils Arturia en DFU. J'ai pu identifier et comprendre les obstacles à l'utilisation de cette technologie dans le cadre du fonctionnement actuel de la communication USB à Arturia, et ai pu prendre la dimension de ses enjeux pour les appareils futurs.

Certains outils m'ont été utiles à valider le fonctionnement de ce que je produisais. Postman m'a souvent permis d'approuver ce que me renvoyait le back-end, pour vérifier que j'affichais réellement ce qui correspondait. J'ai réalisé une collection de requêtes correspondant à toutes les requêtes possibles à faire au back-end, et cela m'a permis souvent de comprendre la provenance

des problèmes rencontrés : en remontant à la source de la requête, j'ai pu distinguer les erreurs de mes interfaces Web des incompréhensions de ma part sur les réponses du back-end. De plus, Postman m'a permis de tester plus en profondeur le système de connexion et déconnexion: en étant capable d'envoyer un signal de déconnexion à tout moment au back-end, on est ainsi capable de tester le plus d'états de connexion possibles.

Par ailleurs, le navigateur intégré du framework C++ JUCE, que nous utilisons pour afficher l'Unified Control Center, est capable d'afficher une console ainsi que de permettre accès à son stockage local. Cela m'a permis de modifier le stockage local en cours de fonctionnement de l'application, ainsi que de vérifier certaines valeurs par la console. Ces contrôles m'ont aidé à consolider les projets sur lesquels j'ai travaillé.

Enfin, j'ai pu tester et valider de nombreux cas de renvois d'erreurs ou de renvois non conformes d'informations par le back-end, en le simulant à l'aide du répertoire *server* de mes projets Vue Nuxt. En effet, ce framework permet de produire des maquettes d'endpoints qui sont automatiquement mis à disposition lorsque le projet est lancé en mode développement.

5 Bilan personnel

5.1 Acquis

5.1.1 Acquis techniques

Mon projet de fin d'études à Arturia n'est pas terminé, mais s'est avéré une expérience très formatrice.

Tout d'abord, j'ai eu l'occasion d'approfondir les compétences de développement Web que j'avais acquises lors de mon stage précédent. J'ai découvert Vue Nuxt, TailwindCSS, et j'ai profité des revues de code que j'ai faites avec l'équipe Web d'Arturia pour adopter de bonnes pratiques de développement. Ceci fut le coeur de mon stage, mais j'ai pu également enrichir mes compétences dans d'autres domaines très variés.

En assistant et en participant aux réunions d'architecture, j'ai pu réfléchir avec l'équipe Compagnon au fonctionnement d'une architecture d'application modulaire novatrice et originale, en me montrant force de proposition et en apportant à cette équipe de développement C++ mes connaissances Web.

J'ai également enrichi mes connaissances sur la communication MIDI et USB, lors du développement des preuves de concept d'utilisation des API Web MIDI et Web USB, ainsi que plus généralement pendant le développement du Midi Control Center. Cette partie de mon stage a nécessité des recherches sur ces protocoles, ainsi que des explications sur leur utilisation et leurs modifications à Arturia.

De plus, j'ai approfondi mes compétences en créativité et en recherche lors de l'étude de ces API Web qui sont encore en développement, ainsi que lors des essais que j'ai effectués

dans le cadre des interfaces Web de GeMAPS. Alors que mes stages antérieurs étaient axés principalement sur la production, cette expérience m'a permis de me plonger davantage dans le domaine de la recherche et développement.

J'ai de plus eu l'occasion de mettre en place quelques modifications mineures au projet GeMAPS et au back-end de l'Arturia Software Center, en C++. En effet, le développeur de ces projets travaille sur Mac, et j'ai eu donc quelques modifications à faire pour pouvoir lancer les projets sur Windows. Il m'a donc fait plusieurs retours de Merge Requests qui m'ont permis d'apprendre de mes erreurs et d'améliorer le format de mon code.

5.1.2 Soft skills

J'ai également développé mes softs skills pendant ce projet de fin d'études, tout d'abord concernant le travail en équipe, mais aussi le statut de mon projet.

En effet, travailler sur un front-end pendant que quelqu'un d'autre travaille sur le back-end, demande beaucoup de communication et de réflexion en commun sur l'organisation du projet, ainsi que sur les interfaces que l'on va pouvoir réaliser entre les deux.

De plus, j'ai pu développer mes capacités d'argumentation et de présentation pendant les réunions d'architecture du projet Unified Control Center.

Enfin, le statut de mon projet m'a poussé à développer des capacités de présentation et d'explicitation. En effet, le projet d'Unified Control Center est pour l'instant un projet technique qui n'a pas encore été validé pour être continué en tant que projet complet d'Arturia. Ainsi, j'ai dû présenter le travail que j'ai pu réaliser avec le développeur C++ Jean-Yves. Je devrai par ailleurs réaliser d'autres présentations du projet avant la fin de mon stage. L'exercice d'exposer rapidement ce projet, son fonctionnement, tous ses avantages, tout ce que l'on a pu réaliser, en un temps limité à des personnes extérieures me permet d'apprendre à synthétiser mon propos, ainsi qu'à prendre du recul sur mon travail.

5.2 Difficultés rencontrées

Je n'ai à aucun moment été bloqué longtemps par un problème durant ce projet de fin d'études, grâce entre autres à la réactivité de mon tuteur, ainsi que Jean-Yves Tissot et Fabian Biolay, qui m'ont été d'une grande aide quand je me retrouvais face à des difficultés ou des questionnements.

Voici quelques difficultés que j'ai rencontrées :

- L'erreur principale que j'ai commise durant ce stage a été de débuter mon projet avec Angular, un framework que personne n'utilisait au sein de l'entreprise. Développer cette application en un langage inutilisé dans l'entreprise entraîne des problèmes de manque de conseils et de corrections, mais aussi des problèmes de conformité dans l'entreprise. Ceci induit une maintenabilité plus compliquée, ainsi qu'une impossibilité à faire travailler

quelqu'un de l'entreprise sur ce projet. J'ai ainsi refactorisé pendant une semaine mon projet en Vue Nuxt. Ce travail, avec l'aide du développeur Web Fabian Biolay, a été très formateur.

- Pendant mes prototypages, j'ai découvert que quelques fonctionnalités ne sont pas réalisables en technologies Web. Nous avons ainsi découvert qu'il était impossible de faire la mise à jour en Web des appareils Arturia avec un driver Windows, mais aussi que l'on allait devoir utiliser un back-end C++ pour pouvoir manipuler des fichiers utilisateurs. Étudier ces technologies et essayer d'en comprendre les limites m'a permis de développer mes compétences de recherches et ma compréhension des technologies Web en général.
- L'installation du projet sur mon ordinateur Windows a posé quelques problèmes, liés au développement de l'infrastructure qui a été réalisée sur Mac. J'ai pu rechercher les erreurs causées par des chemins différents, ou encore des permissivités différentes entre Mac et Windows. Cela m'a permis de comprendre le back-end de l'application plus en profondeur que si j'avais uniquement eu à l'utiliser, et m'a permis ainsi d'étudier le code C++ de cette architecture modulaire.
- Enfin, la dernière difficulté rencontrée fut la communication inter-modules Web. Ces modules sont affichés dans des iframes, et nous avions besoin de les faire communiquer pour plusieurs raisons. Celles-ci peuvent aller de la synchronisation de la connexion entre les différentes fenêtres de l'Arturia Software Center, à la communication du mode sombre lorsqu'il est sélectionné par l'utilisateur. Nous avions tout d'abord conceptualisé un module back-end qui serait requêté par toutes les interfaces Web de modules, qui contiendrait l'état de mode sombre, les informations de connexion communes, et autres éléments à partager. J'ai finalement utilisé une solution plus simple et plus facilement maintenable qu'un module commun à tous les modules : je communique les informations par le stockage local du navigateur. En effet, Vue Use implémente un état dynamique du stockage local, qui permet simplement aux différents modules de modifier une variable et de suivre ses changements dynamiquement.

5.3 Retour sur mes attentes.

Je suis très satisfait de mon stage chez Arturia. Il a été très formateur, et m'a permis de monter en compétence sur de multiples sujets techniques liés au Web, aux technologies musicales, ainsi que sur toutes les technologies de l'entreprise Arturia. Par ailleurs, le domaine et l'environnement de travail de l'entreprise m'ont beaucoup plu, en particulier du fait de ma passion pour la musique. J'ai également apprécié d'avoir pu peser sur les décisions prises pendant la mise à jour de ce projet : j'ai eu, dans ce stage, un impact sur ce logiciel et j'ai été force de proposition et de décision dans l'équipe.

6 Conclusion et perspectives

6.1 Conclusion

Mon expérience à Arturia a été variée, avec de nombreuses tâches différentes.

J'ai pu travailler avec les technologies Angular, Vue Nuxt, TailwindCSS, mais aussi dans un environnement C++. J'ai également pu participer à la conception d'une architecture modulaire, et m'intégrer aux réunions de l'équipe. J'ai aussi développé mes compétences de travail en équipe, avec le développeur travaillant sur la partie C++ du projet.

Lors de ce projet de fin d'études, j'ai évalué en profondeur la faisabilité de ce projet d'application modulaire à interfaces Web. J'ai démontré qu'il était possible de servir un site Web localement, sans dépendre de la technologie Web utilisée. J'ai également exposé les avantages d'utilisation de l'API WebMIDI, et expérimenté son utilisation dans le cadre de cette application. J'ai pu donner une vue d'ensemble sur ce que pourra être l'écosystème Unified Control Center en réalisant un prototype avancé.

Par ailleurs, j'ai montré que certaines fonctionnalités sont plus difficilement réalisables en technologies Web. J'ai réalisé que l'API WebUSB est pour l'instant incompatible avec le driver Arturia se trouvant sur la plupart des périphériques vendus par l'entreprise. J'en ai également compris la raison et les enjeux. J'ai pu également mettre en évidence que les technologies Web sont intrinsèquement incompatibles avec la gestion des fichiers locaux.

En conclusion, grâce à ce projet de fin d'études, j'ai pu gagner en expertise sur des domaines très variés et m'initier au monde de l'entreprise. Pour toutes ces raisons, cette expérience fut enrichissante et très formatrice pour moi.

6.2 Perspectives

Ce stage n'étant pas encore terminé, il reste encore plusieurs points que je voudrais développer pour compléter mon prototype.

- Tout d'abord, je souhaite approfondir mes recherches concernant l'accessibilité de mes interfaces Web. J'ai pu, en visitant les sites du gouvernement traitant de la norme RGAA4, découvrir plusieurs règles et problématiques que je ne connaissais pas. Les normes d'accessibilités sont très documentées et supportées dans les technologies Web. Réussir à respecter au maximum cette norme dans les prototypes permettrait de montrer un intérêt supplémentaire à l'utilisation d'interfaces Web dans le Unified Control Center.
- L'utilisation de liens extérieurs redirigeant sur l'application à un page choisie est une fonctionnalité qui m'a été conseillée par mon tuteur, car elle est peut-être très intéressante pour l'écosystème Arturia. En effet, nous pouvons imaginer un lien sur la page d'un produit sur le site Web d'Arturia redirigeant vers ce produit sur l'Arturia Software Center pour le télécharger. Ceci simplifierait encore l'expérience utilisateur, ce qui est un des

points clés du développement du Unified Control Center.

- Jean-Yves et moi n'avons pas fini d'intégrer toutes les fonctionnalités de l'Arturia Software Center original. Entre autres, il nous manque la désinstallation de produits et la récupération et modification de préférences utilisateur. Dès que Jean-Yves aura pu mettre à disposition des endpoints correspondant, je pourrai les intégrer aux interfaces Web et ainsi proposer une expérience complète de l'Arturia Software Center au sein du UCC.
- Comme nous avons pu le voir, il reste à réaliser un module permettant de gérer les fichiers locaux pour réaliser un Midi Control Center complet, ainsi qu'un module permettant de mettre à jour les périphériques Arturia.
- Nous n'avons pas encore eu l'occasion de réaliser un prototype de l'utilisation de Chromium Embedded Framework en le personnalisant. Utiliser CEF pour le navigateur Web nous apporterait une uniformité entre Windows et Mac que le framework C++ Juce ne nous permet pas.

Pour conclure, je souhaite débuter ma carrière chez Arturia. Tout d'abord, cet environnement de travail me permet de lier ma passion pour la musique à mes compétences en informatique. Par ailleurs mon expérience dans cette entreprise m'a permis de réaliser que cet environnement est propice au développement de mes compétences et à mon épanouissement dans le monde du travail grâce à la multiplicité de métiers que l'on peut y trouver et au dynamisme de l'équipe.

7 Remerciements

Je remercie mon référent chez Arturia, Timothée Béhéty, pour m'avoir accompagné tout le long de ce stage et pour avoir pris le temps de me guider dans les directions à prendre. Je souhaite également exprimer ma gratitude envers Jean-Yves Tissot, avec qui j'ai travaillé sur l'Unified Control Center et qui a toujours été à l'écoute quand j'avais besoin d'une modification back-end ou d'aide pour installer les mises à jour. Par ailleurs, je remercie Fabian Biolay, qui m'a été d'une grande aide pour tout le développement Web et qui a toujours pu se rendre disponible pour m'éclairer si je rencontrais des problèmes. Pour finir, merci à Yann Gripay, mon référent IF de ce projet de fin d'études, pour son suivi et son accompagnement.

Bibliographie

- [1] H. M. de Oliveira & R. C. de Oliveira, *Understanding MIDI*, In: 2017, URL: <https://arxiv.org/pdf/1705.05322.pdf>, (visited on 10/05/2024)
- [2] Cubase, *SysEx Messages*, In: (), URL: https://steinberg.help/cubase_artist/v10.5/fr/cubase_nuendo/topics/midi_editors/midi_editors_sysex_messages_c.html, (visited on 11/05/2024)
- [3] Wikipedia, *Audio Control Surface*, In: (2018), URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Audio_control_surface, (visited on 10/05/2024)
- [4] Arturia, *Arturia Software Center*, In: (), URL: <https://www.arturia.com/support/asc-arturiasoftwarecenter>, (visited on 10/05/2024)
- [5] Arturia, *Midi Control Center*, In: (), URL: <https://support.arturia.com/hc/fr-fr/sections/4405740766098-MIDI-Control-Center>, (visited on 10/05/2024)
- [6] Mozilla Developper Web Docs, *Web MIDI API*, In: (2023), URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Web_MIDI_API, (visited on 10/05/2024)
- [7] Adriano Baratè AND Luca A. Ludovico, *Web MIDI API: State of the Art and Future Perspectives*, In: (2022), URL: <https://air.unimi.it/retrieve/60655569-9189-4ff0-9fa0-5614e342af53/JAES2022.pdf>
- [8] Mozilla Developper Web Docs, *Web USB API*, In: (2023), URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebUSB_API, (visited on 10/05/2024)
- [9] Web Plaform Incubarot Community Group, *Web USB API specification*, In: (2023), URL: <https://wicg.github.io/webusb>, (visited on 10/05/2024)
- [10] Devanlai (2020) WebDFU [Source code]. <https://github.com/devanlai/webdfu>.
- [11] République Française - accessibilité numérique, *Référentiel général d'amélioration de l'accessibilité*, In: (2023), <https://accessibilite.numerique.gouv.fr/>.

Développement d'interface graphique technologie web - faisabilité et évaluation

Colin THOMAS

Résumé

Durant mon stage de fin d'études, j'ai pu participer à la conception et au développement d'interfaces Web pour la nouvelle génération des Logiciels Compagnon d'Arturia. Ces logiciels sont l'Arturia Software Center, le magasin de logiciels d'Arturia, et le Midi Control Center, le logiciel de configuration de matériel Arturia. Dans l'optique de mettre à jour des logiciels vieillissants, et d'expérimenter de nouvelles technologies de développement graphique, mon équipe a décidé de prototyper une application modulaire les rassemblant, et d'utiliser des interfaces Web pour la partie front-end.

Mon rôle a été de développer des interfaces Web pour l'Arturia Software Center, en y intégrant un back-end C++ développé par un autre membre de l'équipe. J'ai également réalisé un nouveau design pour le Midi Control Center, et ai pu prototyper l'utilisation de l'API Web MIDI pour communiquer avec les appareils Arturia.

J'ai pu par ailleurs, au long de mon stage, suivre et participer à la conception de l'application modulaire lors de réunions d'architecture hebdomadaires.

Travailler sur un projet aussi innovant à Arturia m'a permis d'expérimenter des domaines novateurs, mais aussi d'approfondir mes compétences de travail en équipe et de communication que j'ai pu développer lors de mes précédents stages.

Mots-clés : Web ; Vue Nuxt ; Cross-Plateforme ; Web APIs ; Application Modulaire.

Abstract

During my final internship, I had the opportunity to participate in the design and development of web interfaces for Arturia's next generation Companion Softwares. These softwares include the Arturia Software Center, Arturia's software store, and the Midi Control Center, Arturia's hardware configuration software. With the aim of updating aging software and experimenting with new graphic development technologies, my team decided to prototype a modular application bringing them together, utilizing web interfaces for the front-end.

My role involved developing web interfaces for the Arturia Software Center, integrating a C++ back-end developed by another team member. I also redesigned the Midi Control Center and prototyped the use of the Web MIDI API to communicate with Arturia devices on the web, as well as experimenting with the Web USB API to update device firmware.

Throughout my internship, I followed and participated in the conception of the modular application during weekly architecture meetings.

Working on such an innovative project at Arturia allowed me to explore innovative domains and deepen my teamwork and communication skills, which I had developed during my previous internships.

Keywords: Web ; Vue Nuxt ; Cross-Plateform ; Web APIs ; Modular App.