

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE LOUIS-LUMIÈRE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Ergonomie des consoles de mixage numériques utilisées en concert

PARTIE PRATIQUE : *AudioLink*

TRISTAN DUFORESTEL

SECTION SON - PROMO 2017

Directeur Interne : Franck JOUANNY

Directeur Externe : Roland CAHEN

Rapporteur : Frank GILLARDEAUX

Session de Juin 2017

Remerciements

Un grand merci tout d'abord à Roland CAHEN et Franck JOUANNY, mes deux directeurs, pour leurs conseils, leurs encouragements et leur persévérance à me diriger vers les chemins les plus porteurs de sens.

Merci également à Amandine CHARRÉ, François TAILLEBREST et Gaëtan SALMON de la société *Dushow*, ainsi qu'à Bruno DABARD de la société *Algam* pour leur accueil, la mise à disposition des consoles que j'ai pu tester ainsi que pour leur regard de loueurs/vendeur ayant agrandi la perspective ces réflexions.

Merci à Fabien AUBERT d'avoir lu la première analyse des tâches et d'y avoir apporté un regard plus professionnel.

Merci à ma sœur Lucie d'avoir pris du temps de son mémoire pour contribuer précieusement au mien, et à mon père pour ses conseils de chercheur.

Merci aussi à Jérôme DENY, Baptiste CHEVALLIER-DUFLOT, Ludovic LANEN, Silouane COLMET-DAAGE, Tristan DEVAUX et Claude RIGOLLIER pour leurs témoignages et avis sur ce mémoire; à Klaus BLASQUIZ pour son érudition conviviale (et ses disques de Frank Sinatra) et à Yann LEMÊTRE et Jalal AKALAY du Cabaret Sauvage pour leur soutien précieux dans les moments de doute.

Un dernier remerciement à tous mes camarades de Louis-Lumière et Sciences-et-Musico pour m'avoir aidé à construire cette réflexion et, plus encore, pour m'avoir amené jusqu'ici.

Une pensée enfin pour les deux thomeryons qui auraient sans doute aimé lire ce travail à l'ombre d'un pommier, entre deux murs à vigne.

Résumé

Dans une installation technique de concert, la console de mixage occupe une place centrale. En récupérant les signaux venant de la scène et en les renvoyant vers les enceintes de diffusion, elle joue un rôle d'intermédiaire entre la captation et la diffusion, entre les artistes et les spectateurs.

Elle doit donc offrir à son opérateur une ergonomie simple et compréhensible pour que celui-ci puisse assumer sans difficulté l'ensemble des responsabilités artistiques, relationnelles et techniques qui lui incombent.

On remarque cependant qu'avec l'augmentation constante des possibilités de mixage dans des objets de taille stable, l'interface des consoles de mixage numériques, extrêmement répandues dans les milieux professionnels, pose de nombreux problèmes aux mixeurs.

Cette étude a donc pour but de concevoir un nouveau modèle d'interface qui puisse améliorer le travail des ingénieurs du son. Pour cela, nous avons adopté une démarche de conception orientée utilisateur.

Dans un premier temps, nous avons étudié le contexte de travail et les tâches des mixeurs selon des méthodes propres à l'étude de l'interaction homme-machine, pour comprendre quels étaient leurs besoins et les contraintes dans lesquelles ils exercent. Puis nous avons testé des consoles numériques existantes pour vérifier leur adéquation à ces contraintes et trouver un secteur à améliorer.

La partie pratique de ce mémoire conclut ce travail en proposant un prototype d'interface qui pourrait améliorer l'ergonomie des consoles et donc le confort de travail des ingénieurs du son.

Mots clés : Conception orientée utilisateur, Console de mixage numérique, Ergonomie, Interaction Homme-Machine, Design, Concert.

Abstract

In the technical installation of a concert, the mixing desk has a key function. As it gathers the signals coming from the stage and brings them back to the loudspeakers, it acts as an intermediary between sound capture and broadcasting, between the artists and the audience.

It must therefore offer to its operator simple and comprehensible ergonomics, so that he can take on the wide range of artistic, relational and technical responsibilities that falls to him.

However, we notice that the interface of digital mixers, widespread in the professional concerts domain causes many problems to audio engineers, due to the constant raise of mixing capacities into stable-sized objects.

The goal of this study is therefore to design a new model of interface that can improve audio engineers' work. To achieve this, we have used a User-Centered Design process.

First of all, we analyzed live audio engineers' working context and tasks using specific human-computer interaction methods to understand what were their needs and the constraints in which they work. Then we tested existing digital mixers to check their characteristics regarding to these constraints and to find a sector that has to be improved.

The practical part of this master's thesis concludes it by proposing an interface prototype that can improve mixers ergonomics and thus the ease of work of audio engineers.

Keywords : User-Centered Design, Digital mixer, Ergonomics, Human-Computer Interaction, Design, Concert.

Sommaire

Introduction	7
Préambule : La conception orientée utilisateur	10
I L'ingénieur du son et sa console en concert	13
I. 1 Contexte et objectifs	13
I. 2 Organisation de la sonorisation	15
I. 2.1 Postes courants	15
I. 2.2 Types de prestation technique	16
I. 3 Rôles et responsabilités de l'ingénieur du son	17
I. 3.1 Public et autorités	17
I. 3.2 Musiciens	18
I. 3.3 Équipe de travail et production	19
I. 4 Éléments techniques employés en sonorisation	19
I. 5 La console de mixage numérique utilisée en concert	21
I. 5.1 Typologie générale des consoles numériques	21
I. 5.2 Caractéristiques de la console de concert	22
I. 5.3 Avantages et inconvénients de la technologie numérique	23
II Analyse du métier d'ingénieur du son de concert	28
II. 1 Analyse hiérarchique du travail de l'ingénieur du son	29
II. 1.1 Principe général	29
II. 1.2 Ajustements de la méthode	31

II. 1.3	Méthode	32
II. 1.4	Résultats	34
II. 2	Analyses procédurales des décisions	43
II. 2.1	Méthode de Miller	43
II. 2.2	Analyse procédurale	44
II. 2.3	Résultats	44
III	Tests de consoles	49
III. 1	Objectifs	49
III. 2	Construction du protocole	50
III. 2.1	Choix des tâches	50
III. 2.2	Critères d'évaluation	52
III. 2.3	Test des fonctions sonores courantes	56
III. 3	Conditions de réalisation	57
III. 4	Résultats	61
III. 4.1	Déroulement des tests et ajustements	61
III. 4.2	Résultats chiffrés	61
III. 4.3	Résultats généraux	72
III. 4.4	Problème global	75
IV	Conception du prototype <i>AudioLink</i>	78
IV. 1	Objectifs et réflexions préalables	78
IV. 2	Principe général d' <i>AudioLink</i>	81
IV. 3	Mise en œuvre	84
IV. 3.1	Maquettes papier	84
IV. 3.2	Design graphique	87
IV. 3.3	Patch <i>Max/MSP</i>	90
IV. 4	Interfaces finales et critiques	92
	Conclusion générale	97
	Bibliographie	101

ANNEXE A : Glossaire des termes techniques employés	102
ANNEXE B : Tableau de correspondance des codes utilisés dans l'analyse hiérarchique	113
ANNEXE C : Tableaux issus de l'analyse de Miller des tâches décisionnelles	118
ANNEXE D : Graphiques d'analyse procédurale des tâches de l'ingénieur du son	120
ANNEXE E : Résultats des tests des fonctions de préparation	127
ANNEXE F : Résultats des tests des fonctions courantes	129

Introduction

Le monde du concert se caractérise par la rencontre entre des artistes produisant un spectacle en direct et un public venant y assister. Il s'agit d'un moment de partage basé sur l'immédiateté de la relation entre les musiciens et les spectateurs. Cette pratique est très ancienne et n'avait d'existence, dans les siècles précédents, que pour un public aisé pouvant s'assigner les services des interprètes.

L'industrialisation récente de la culture, le développement des moyens de diffusion ainsi que la mondialisation des échanges culturels ont transformé les concerts en phénomènes populaires de masse. Un public très nombreux peut maintenant y assister, et avec le développement de l'écoute domestique (radio, disque), il souhaite retrouver une expérience sonore comparable à celle qu'il peut avoir chez lui, expérience qui ne peut plus être assurée par les propres moyens d'amplification des musiciens sur scène.

C'est ainsi que s'est progressivement développé l'accompagnement technique des concerts. Des techniciens de la lumière, de l'électricité ou du son sont aujourd'hui couramment employés pour permettre, au minimum, de faciliter le dialogue entre la scène et la salle, si ce n'est pour prodiguer au public une expérience exceptionnelle dans le cadre de spectacles musicaux de grande ampleur.

Si les circonstances changent en fonction du lieu de la prestation ou de l'artiste, la principale contrainte du travail du technicien en concert reste le temps. C'est lui qui va dicter le rythme de ses journées, les tâches qui pourront ou non être réalisées, la pression subie et l'importance des imprévus (le dysfonctionnement d'une enceinte de retours n'est en effet pas le même problème si il survient à cinq minutes du concert qu'avant l'arrivée des artistes). L'équipe de travail doit ainsi savoir gérer de la meilleure façon possible le temps qui lui est alloué.

Or, du fait des resserrements récents des budgets consacrés à la culture, les employeurs accordent de moins en moins de temps aux techniciens (eux aussi en nombre réduit). De ce fait, même après une préparation optimale, leur travail se produit de plus en plus dans des situations temporelles tendues où le moindre

imprévu peut avoir des conséquences déplorables sur le reste de la journée. Dans ces conditions, tous les facteurs permettant de gagner du temps, ou au moins d'éviter les retards deviennent prépondérants. Et l'ergonomie des équipements, en tant que « bonne adaptation d'un objet à sa fonction »¹ en est partie intégrante.

Les équipements principaux d'une installation sonore en concert sont, sans conteste, les consoles de mixage. Leur rôle majeur vient de leur place centrale dans la chaîne sonore, entre la captation du son et sa diffusion au public. Ce rôle est d'autant plus marqué aujourd'hui qu'elles sont majoritairement devenues des outils numériques, pouvant assurer seules le travail qui, lors de l'usage des technologies analogiques, échoyait à tout un ensemble d'équipements. Le technicien chargé d'y travailler est par conséquent au centre des attentions et subit une pression certaine pour travailler correctement et rapidement. Dans ces conditions, l'homme et son outil doivent avoir une interaction aussi efficace que possible.

Cette interaction a majoritairement lieu au niveau de l'interface des consoles, un ensemble de dispositifs fournissant des moyens d'action à l'utilisateur et des informations sur l'action effectuée et l'état général du système. Son ergonomie doit donc être aussi bonne que possible.

Il existe cependant des plaintes sur ce point. Elles divergent selon les personnes, mais beaucoup d'entre elles semblent converger vers une critique globale des consoles numériques. On voit ainsi certains ingénieurs du son refuser d'utiliser ce type de console en concert au profit des analogiques, bien que ces dernières soient intrinsèquement moins pratiques pour cet usage.

L'objet de ce mémoire est donc le suivant : quels aspects de l'ergonomie des interfaces de consoles numériques doivent être modifiés afin de faciliter le travail des ingénieurs du son ? Et dans quelles directions pourraient se diriger ces innovations ?

Pour résoudre ces questions, nous allons nous placer dans la perspective d'une conception corrective d'interface. En suivant les principes du design orienté utili-

1. Dictionnaire *Hachette* encyclopédique de poche, 2007, p. 210.

sateur, nous allons d'abord chercher à comprendre l'environnement de travail des ingénieurs du son en concert, ses contraintes, ses outils afin de poser les bases des réflexions à venir. Puis nous allons analyser précisément le travail des mixeurs pour expliciter leurs besoins essentiels en terme d'ergonomie de console et les problèmes qui existent actuellement. Nous allons ensuite tester des consoles actuelles pour voir comment s'organisent leurs réponses ergonomiques et les défauts qu'il faut y corriger.

La dernière section de ce travail, qui en constitue la partie pratique, sera consacrée à la conception d'un prototype d'interface qui tentera de répondre aux problématiques posées dans les parties précédentes.

Préambule : La conception orientée utilisateur

La démarche que nous allons adopter dans cette étude est basée les principes du design dit « orienté utilisateur ». Il s'agit d'une méthode de conception de systèmes interactifs caractérisée par un dialogue constant entre les designers et les utilisateurs. Les premiers conçoivent une interface que les seconds testent et critiquent. Puis les retours de tests sont analysés par les designers pour concevoir une nouvelle interface qui de nouveau est testée, et ainsi de suite. Ces aller-retours ancrent cette méthode dans le champ des conceptions itératives.

Comme l'expliquent Jean-François NOGIER et Jules LECLERC dans leur ouvrage *UX Design & Ergonomie des interfaces*, cette démarche se déroule habituellement en trois phases.

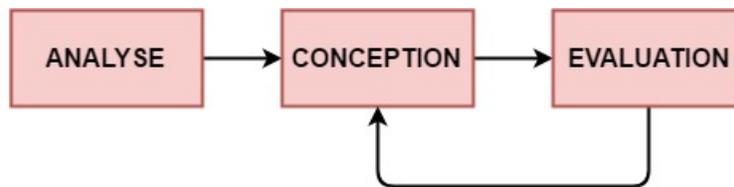


Schéma du principe de la conception orientée utilisateur (*d'après Nogier et Leclerc*)

Phase d'analyse

Dans un premier temps, les designers vont chercher à comprendre le contexte d'utilisation et le profil des utilisateurs afin de connaître précisément leurs attentes et leurs besoins. Cela leur permet de cerner précisément l'utilité de l'interface recherchée².

Pour cela, ils peuvent mettre en place une enquête interrogeant les utilisateurs sur leurs attentes et leurs besoins. Des questions portant sur la nature précise du travail permettent également aux designers de modéliser ces actions, pour disposer de l'ensemble des tâches que devra remplir le système qu'ils conçoivent.

2. NOGIER, JEAN-FRANÇOIS et LECLERC, JULES, *UX Design & Ergonomie des interfaces*. Éditions Dunod, Paris, 2016, p. 229.

Si le système est utilisé dans un environnement particulier, ils peuvent aussi s'y rendre et noter toutes les contraintes qui s'appliquent sur le travail pour que leur interface puisse s'y adapter.

Phase de conception

Les designers procèdent ensuite à la conception d'un prototype répondant à la fois aux attentes précédemment déterminées, aux principes d'ergonomie des interfaces et aux standards du domaine d'application³.

Cette conception peut s'aider de différentes méthodes : la création de *personas*, des archétypes d'utilisateurs de l'interface pour pouvoir s'y référer ; le tri par cartes pour organiser les informations et la navigation au sein de l'interface ; le prototypage pour construire des modèles et les faire évaluer⁴.

Phase d'évaluation

Une fois qu'une maquette est conçue, elle est présentée à un certain nombre d'utilisateurs . Ces tests doivent se dérouler dans des conditions aussi proches que possible de la réalité pour pouvoir juger au mieux des qualités et défauts du produit.

On peut évaluer les produits de beaucoup de manières différentes selon les critères recherchés ou les conditions des tests. Dans le livre *Mesure de l'utilisabilité des interfaces*, BACCINO, BELLINO et COLOMBI proposent ainsi dix-sept méthodes classées selon le type de données à obtenir, le moment où l'évaluation a lieu dans le processus, leur prix, etc⁵.

Parmi ces méthodes, les tests utilisateur sont les plus couramment utilisés. Ils sont « une véritable "mise en situation" qui vise à étudier le comportement des utilisateurs (...) face à l'interface. »⁶. L'expérimentateur donne des consignes de

3. NOGIER et LECLERC, *op. cit.* (voir. n° 2), p. 230.

4. *Ibid.*, p. 239.

5. BACCINO, THIERRY, BELLINO, CATHERINE et COLOMBI, TERESA, *Mesure de l'utilisabilité des interfaces*. Éditions Hermès Science, Paris, 2005, p. 103.

6. *Ibid.*, p. 120.

travail à l'utilisateur et observe ses réactions afin d'évaluer l'influence qu'a l'interface sur lui. On peut ainsi récolter des données à la fois quantitatives (temps d'action, nombre d'erreurs, ...) et qualitatives (observation, questionnaire sur la satisfaction, ...).

Ces données sont ensuite analysées par les designers qui vont corriger la maquette pour à nouveau la faire tester.

Cette méthode de conception où chaque élément est évalué et corrigé par l'utilisateur permet d'éviter et/ou de corriger des défauts concernant l'usage même du produit. C'est pour cela que nous l'avons utilisée pour comprendre et corriger les interfaces des consoles de mixage numériques.

Dans l'étude qui suit, les parties I, II et III représentent la phase d'analyse, et la partie IV la phase de conception (La phase d'évaluation du prototype reste à conduire, mais une évaluation des produits existants a été réalisée).

Partie I

L'ingénieur du son et sa console en concert

Le travail du son en concert se caractérise par l'imbrication de contraintes matérielles, techniques et humaines auxquelles l'ingénieur du son et sa console doivent pouvoir faire face. Ils se situent dans un environnement où se côtoient des artistes, d'autres techniciens, des supérieurs hiérarchiques et du public et où chaque acteur peut influencer sur le travail d'un autre. Bien qu'invariante dans sa forme générale, l'installation technique change aussi à chaque concert, peut être grandement modifiée suivant le lieu ou la taille du spectacle et peut à tout moment ne plus fonctionner si l'un des éléments tombe en panne ou que n'importe qui commet une maladresse.

L'environnement de travail est donc complexe et il est indispensable de le comprendre pour concevoir un outil qui y sera utilisé.

I.1 Contexte et objectifs

Le terme « sonorisation » désigne l'ensemble des pratiques nécessaires à la captation du son, son amplification et sa diffusion afin de renforcer la puissance des sources sonores pour les diffuser à un large public ou pour équilibrer la puis-

sance des instruments dans le but de garder un message musical cohérent (MERCIER, 2013, p.210). À ce titre, on peut remarquer que le mot que l'on emploie couramment ne reflète pas vraiment la réalité de ces métiers : il s'agit moins de « mettre en son » un lieu que de faire en sorte que le son soit convenable pour tous les gens qui s'y trouvent. Le terme anglais « Sound reinforcement » nous semble ainsi plus approprié.

Cette étude utilisera toutefois le terme français, mais nous invitons le lecteur à prendre en compte cette précision.

Si l'on parle de façon uniforme du « milieu de la sonorisation de concert », ce terme recouvre indéniablement des réalités très différentes. Les variations peuvent concerner, entre autres, :

- les secteurs : amateur ou professionnel ;
- la taille du concert, le nombre de musiciens à sonoriser ;
- les moyens matériels alloués ;
- le lieu de la représentation ;
- le public et le style de musique.

Tous ces environnements de travail ne sauraient être accompagnés de la même façon par les moyens technologiques. Et, logiquement, il n'est pas possible de concevoir un outil de travail destiné à ce « milieu » sans avoir ciblé précisément le contexte de son usage, en particulier la compétence des techniciens à qui il est destiné et la taille de l'installation dans laquelle il s'intégrerait. Nous avons ainsi décidé de concevoir un outil destiné aux concerts professionnels d'importance moyenne (de 10 à 40 pistes), donc d'étudier les caractéristiques de cet environnement.

Malgré ces différences, tous les techniciens de concert partagent un objectif en commun : permettre au public et aux artistes de profiter au mieux de l'expérience sonore qu'ils partagent. Du point de vue du public, cette expérience doit être à la fois :

- équilibrée et représentative du style de musique ;

- porteuse de sensations particulières, comme le ressenti physique des basses près de la scène ;
- de bonne qualité dans l'ensemble de la zone d'audience ¹ ;
- d'un niveau sonore adapté au style, donc plus ou moins élevé.

Le sonorisation doit répondre à l'ensemble de ces objectifs, et ce, quelles que soient les conditions de travail. Les techniciens sont donc tenus d'y prêter une attention constante tout en pouvant s'adapter aux changements d'un concert à l'autre, voire au sein d'une même journée. Le matériel employé doit les aider dans toutes ces circonstances, ce qui suppose une bonne polyvalence et une vision exhaustive du travail de la part des designers au moment de sa conception.

I. 2 Organisation de la sonorisation

I. 2.1 Postes courants

Le travail d'ingénieur du son en concert se décline en cinq secteurs principaux :

- Régisseur son : Responsable de l'ensemble de l'installation sonore, il supervise les opérations et prend les décisions lorsqu'elles sont nécessaires. Il peut travailler sous l'autorité d'un régisseur général de la salle ² (responsable du lieu, de l'installation fixe) ou d'un régisseur du concert (responsable de l'ensemble de la technique du spectacle, sur une tournée par exemple).
- Plateau : Poste où le technicien est en charge du fonctionnement et du bon positionnement des éléments techniques sur la scène (micros, *enceintes de retour**³, câbles, ...). C'est à lui de fournir aux musiciens ce qui leur est nécessaire pour leur prestation.

1. Zone dans laquelle le public se situe pour profiter du concert.

2. Par commodité, on appelle *salle* l'espace où les artistes et le public sont présents au moment du concert. Cela comprend les salles de spectacle à proprement parler, mais aussi les espaces aménagés en plein air ou dans des lieux inhabituels, par exemple.

3. Les termes en italique et suivis d'une étoile sont définis en Annexe A.

- Retours : Poste consacré au son sur la scène. L'objectif y est que les musiciens s'entendent correctement grâce à des enceintes personnalisées (les enceintes de retours). L'ingénieur retours est placé dans les coulisses, sur le côté de la scène
- Façade : Personne responsable du son dans la salle. Il reçoit les signaux sonores captés sur scène et en réalise le *mixage** Il est dans l'idéal placé au centre du *système de diffusion**.
- Système : Secteur dédié à l'optimisation du système de diffusion. L'ingénieur système écoute et mesure les réponses des enceintes à des signaux de test, puis ajuste les réglages du processeur de diffusion (cf I. 4).

Il existe aussi d'autres postes plus spécifiques en rapport avec le son, tels que l'enregistrement, le rangement et transport du matériel (*roadies*) ou les retours en oreillettes (*in-ear monitors*). Suivant la taille du concert et le nombre de techniciens employés, une seule personne peut tenir plusieurs de ces rôles. Il est par exemple assez classique dans les concerts d'importance moyenne d'être à la fois technicien de façade et de retours et de calibrer le système à sa façon en arrivant dans la salle. Cette étude s'intéressera à ce dernier cas. Pour simplifier, nous appellerons le technicien concerné *ingénieur du son* ou *mixeur*.

I. 2.2 Types de prestation technique

La sonorisation d'un concert s'organise autour de trois pôles : le matériel employé, la salle de spectacle et l'exploitation artistique de l'installation. Suivant les besoins de la prestation, leur bonne exploitation peut nécessiter l'emploi de techniciens spécifiques. En prenant la situation de cette étude, on peut ainsi trouver trois personnes qualifiées autour de la console appartenant à chacun de ces pôles :

- Un technicien de régie pour le réglage et l'installation du matériel
- Un technicien de la salle (souvent appelé « technicien d'accueil ») pour aider le mixeur des artistes à se familiariser avec le lieu

— Le mixeur des artistes⁴ pour mixer le concert

Ces trois personnes peuvent posséder des compétences égales comme ingénieurs de façade, mais elles ont des responsabilités différentes dans l'organisation. Et comme dans le point précédent, une seule personne peut avoir à assumer plusieurs de ces postes.

Les croisements entre les postes de sonorisation et les types de prestations techniques ou artistiques créent donc des variations importantes au sein du travail des ingénieurs du son. En tenant compte des variations intrinsèques de la journée de travail (horaires, conditions, matériel, problèmes techniques), on peut affirmer que chaque concert est unique. Et chaque technicien doit être rapidement en mesure de maîtriser son environnement pour travailler efficacement.

I. 3 Rôles et responsabilités de l'ingénieur du son

I. 3.1 Public et autorités

Le rôle principal de l'ingénieur du son est de fournir aux spectateurs un message musical cohérent et adapté au style de musique. Pour cela, il doit comprendre comment le son se comporte en chaque point de la salle et adapter son mixage, quitte à ne pas faire exactement le son qu'il voudrait là où il se situe. Il lui faut aussi prendre en compte le fait que son mixage doit permettre une expérience sonore particulière tout en ne dépassant pas des seuils légaux⁵.

Le fait que les musiciens jouent « en direct » entraîne la présence régulière d'imprévus ou de problèmes techniques. Pour y faire face, le mixeur peut avoir prévu des systèmes de secours avec ses équipes, comme des micros supplémentaires si le micro principal venait à tomber en panne. Mais lorsqu'ils surviennent,

4. S'il ne désigne pas explicitement les personnes se produisant sur scène, le terme *artistes* englobe dans cette étude les musiciens et leur équipe d'accompagnement : production, régisseur, techniciens...

5. L'article R571-26 du Code de l'environnement stipule que le niveau moyen dans la zone d'audience ne doit pas dépasser 105 dB (A) et 120 dB (A) en niveau crête.

l'ingénieur du son doit résoudre ou faire résoudre ces problèmes le plus rapidement possible afin de ne pas altérer la transmission du spectacle. Quand il est le seul technicien du son visible par le public, il est souvent le premier à recevoir ses remarques ou ses reproches, d'où une certaine pression qu'il doit savoir gérer.

I. 3.2 Musiciens

Du fait que la scène soit située derrière les enceintes de façade, les musiciens n'entendent pas correctement le son mixé pour le public. Le mixeur doit donc rapidement instaurer une relation de confiance avec eux afin de les rassurer sur sa capacité à bien transmettre leur musique, quitte à leur cacher d'éventuels problèmes. Lorsqu'il dirige ses balances, il doit trouver un équilibre entre une certaine autorité qui montre sa maîtrise et une bonne écoute des demandes des artistes. Il n'est toutefois pas obligé de suivre ces demandes s'il estime qu'elles ne servent pas leur musique mais ce type de décisions est risqué.

Quand il est également en charge des retours, le mixeur échange avec les artistes pour régler le son qui leur est destiné. Il lui est indispensable par la suite de se déplacer sur scène afin de comprendre et de s'adapter à l'interaction sonore entre son mixage de façade, ses enceintes de retours et le son produit par les instruments⁶.

Au moment du concert, les musiciens ne jouant pas de la même façon qu'aux balances, le mixeur doit s'attendre à beaucoup modifier ses réglages. Il doit notamment être très attentif aux retours, car les musiciens ne pourraient subitement plus s'entendre. C'est pour cela qu'il doit garder un maximum d'attention sur la scène afin de répondre au plus vite aux gestes que les musiciens lui adressent quand leurs retours ne leur conviennent pas. Il doit cependant faire attention à ne pas modifier trop abruptement ses réglages sous peine de perturber les musiciens et d'entraîner d'autres problèmes⁷.

6. MERCIER, DENIS (dir.), *Le livre des techniques du son, Tome 3 : L'exploitation*. Éditions Dunod, Paris, 2013, p. 216.

7. *Ibid.*, p. 257.

I. 3.3 Équipe de travail et production

Avant le jour du concert, l'ingénieur du son a la charge de préparer son travail avec les organisateurs. Il s'enquiert des caractéristiques de la salle avec son régisseur et demande la *fiche technique** et le *plan de scène** de l'artiste à la production. Cela lui permet d'établir les besoins en micros, leur emplacement et l'ordre dans lequel ils seront reliés au patch (voir I. 4).

Le jour de la prestation, du fait de sa position centrale dans la chaîne de production sonore, le mixeur a besoin du concours de l'ensemble des techniciens du concert. L'ingénieur système l'aide à faire le son qui lui convient, le responsable plateau place les micros où il le souhaite et l'ingénieur des retours s'accorde avec lui sur les niveaux sonores de la scène. C'est pour cela qu'il doit pouvoir communiquer aisément avec toutes ces personnes et être disponible en cas de problèmes.

Quand il n'est pas sous les ordres d'un régisseur attitré (donc hors d'une grande équipe), le mixeur est souvent considéré comme responsable de l'équipe son. Il doit à ce titre pouvoir communiquer avec l'ensemble des acteurs du concert (régisseur général, organisateur, producteur, ...) et répondre à leurs attentes sur le déroulement de la journée.

On voit ici que l'ingénieur du son d'un concert doit assumer un nombre important des responsabilités vis-à-vis de tous les gens qui l'entourent. Un problème quelconque qui mobiliserait son attention peut l'empêcher ponctuellement d'exercer une de ces responsabilités, au risque donc de briser l'équilibre de la relation entre tous les acteurs.

I. 4 Éléments techniques employés en sonorisation

Les concerts amplifiés ont une structure technique invariante, quels que soient leur taille ou les lieux où ils sont produits. On y retrouve les éléments suivants (figure I.1) :

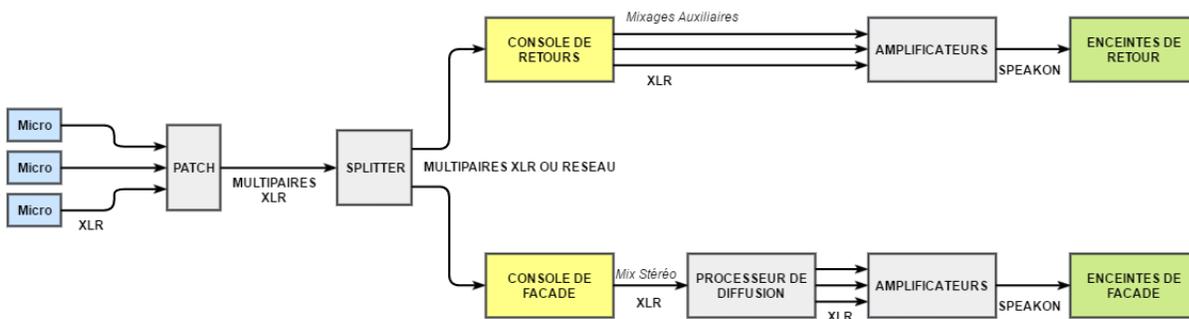


FIGURE I.1 – Schéma structurel d'une installation technique de concert

- Micros : Ensemble des moyens utilisés pour capter le son : microphones, *boîtes de directs**, cellules piézoélectriques, etc. Cette métonymie sera utilisée dans le reste de cette étude
- Patch : Boîtier sur lequel on branche un ensemble de câbles micro (souvent via des prises *XLR**) pour rassembler tous leurs signaux dans un câble multipaires.
- Splitter : Dispositif permettant de diriger un signal (ou un groupe de signaux) entrant(s) vers plusieurs sorties avec une impédance égale.
- Consoles : Chargées de la façade, des retours, ou des deux (dans ce cas, le splitter est inutile), elles reçoivent les signaux de la scène, les traitent et les répartissent dans les systèmes de diffusion associés.
- Processeur de diffusion : Ordinateur ou système *hardware** chargé de répartir le signal stéréo entrant entre les différentes enceintes du système de diffusion. Il filtre ou retarde les signaux et règle les niveaux entre chaque enceinte afin d'assurer une diffusion homogène dans la salle.
- Amplificateurs de puissance : Dispositifs électroniques permettant d'augmenter le niveau du signal avant d'attaquer les enceintes.
- Enceintes de retour : Enceintes disposées sur la scène pour que les musiciens s'entendent.
- Enceintes de façade : Enceintes dirigées vers la salle pour le public.

La chaîne sonore peut comporter d'autres branches pour enregistrer ou diffuser le concert à la radio, par exemple.

La console de mixage est donc le centre de l'installation technique, étant placée entre la partie captation et la partie diffusion du signal. Elle doit pouvoir fonctionner quelles que soient les conditions, sans quoi le concert ne pourrait pas avoir lieu.

I. 5 La console de mixage numérique utilisée en concert

I. 5.1 Typologie générale des consoles numériques

En dehors de leurs différences de structure⁸, les consoles numériques fonctionnent toutes de la même façon. Elles sont assimilables à des ordinateurs chargés de traiter et de mélanger les signaux sonores sous forme numérique à l'aide de processeurs de traitement de signal spécifiques, les DSP (*Digital Signal Processors*). Pour accomplir son travail avec ces dispositifs, l'utilisateur dispose de deux moyens principaux d'action : une interface physique et des écrans.

L'interface physique se compose principalement d'un ensemble de contrôleurs similaires à ceux des consoles analogiques : des potentiomètres linéaires (ou *faders*) pour régler les niveaux de sortie, des potentiomètres rotatifs pour agir sur les autres réglages du son et des boutons poussoir pour déclencher des actions ou modifier l'interface. Ces réglages sont complétés par des systèmes d'information principalement dynamiques (indicateurs de niveaux à DELs, petits écrans, etc.) renseignant l'utilisateur sur les niveaux sonores, l'état, la fonction ou le nom de certains paramètres.

Les écrans principaux, tactiles ou non, permettent à l'utilisateur de configurer l'ensemble de l'environnement de travail selon ses besoins (nombre de pistes, choix des traitements utilisés, entrées et sorties, ...). Ils affichent toutes les informations nécessaires sur l'état du travail et permettent de le modifier. Ils servent

8. On différencie les « consoles de mixage » dont les processeurs de traitement sont inclus dans l'objet des « surfaces de contrôle » qui dictent le comportement des processeurs situés à l'extérieur.



FIGURE I.2 – console Midas PRO1 IP, avec deux bacs de 8 faders et grand écran latéral

aussi de complément aux contrôles de la surface physique en proposant des visualisations graphiques de leurs effets sur le son.

I. 5.2 Caractéristiques de la console de concert

Aujourd'hui, si l'on ne prend en compte que les possibilités offertes en terme de traitements et de fonctions sonores, n'importe quelle console du marché pourrait être utilisée en concert (sous réserve d'une capacité d'accueil suffisante, bien sûr). De ce fait, ce n'est pas tant la présence d'une fonction spécifique qui rend une console préférable pour un secteur que son accessibilité et sa facilité d'utilisation.

Ainsi, les fonctions qui doivent être rapidement accessibles en mixage numérique de concert sont :

- L'enregistrement et le rappel de configurations entières, pour pouvoir ra-

- pidement en changer selon les artistes, voire les morceaux.
- L'insertion d'*égaliseurs graphiques** sur les systèmes de diffusion pour en améliorer la qualité et éviter des *larsens**.
 - La personnalisation de la surface physique, notamment pour renommer et replacer les pistes.
 - Le *routing**, pour diriger les signaux vers les destinations que l'on souhaite.
 - L'écoute des tranches au casque, où le son est pris avant le passage dans les faders (*Pre Fader Listening*, ou PFL)
 - Le *filtrage**, l'*égalisation paramétrique**, la *compression** et les *retards** et pour la partie traitement.
 - Les *effets** pour apporter de la réverbération ou du *delay**
 - Le gain d'entrée, l'*alimentation fantôme**, les envois dans les *circuits auxiliaires** et le niveau de sortie pour la partie mixage

I. 5.3 Avantages et inconvénients de la technologie numérique

Parmi tous les points positifs que l'on peut trouver aux équipements numériques, le premier a certainement été leur fiabilité, grâce à leur structure d'ordinateurs, beaucoup moins soumis aux aléas de l'électronique que leurs homologues analogiques. Avec les progrès de l'informatique, les processeurs de traitement sont également devenus de plus en plus puissants, permettant d'augmenter les possibilités de mixage à plusieurs centaines de pistes et de gommer les principaux défauts des sons traités (quitte à rendre le son « froid » au goût de certains).

L'autre point fort de ces équipements est de condenser l'ensemble d'une installation de mixage en une seule interface. Certaines fonctions autrefois annexes⁹ comme les compresseurs ou les *delays* sont maintenant implémentées sur la console et peuvent être utilisées sur toutes les *pistes audio**. On peut disposer d'un égaliseur graphique pour chaque circuit de sortie et le manipuler en reportant ses tirettes directement sur les faders. On trouve aussi de plus en plus de programmes

9. BESSON, RENÉ et ALARY, JEAN, *Sonorisation et prise de son*. Éditions Dunod, Paris, 2007, pp. 151 - 162.

d'effets issus, ou non, de la numérisation d'équipements analogiques célèbres¹⁰, augmentant la capacité de la console à se suffire à elle-même. De ce fait, les *régies** sont devenues plus légères, transportables et plus simples à mettre en place pour des performances égales.

Un dernier avantage certain des consoles numériques est leur capacité à enregistrer des configurations entières. Il existe en effet de nombreux cas où la console peut avoir besoin de réglages différents au cours d'une même prestation (plusieurs concerts, morceaux particuliers, ...). Si cela était compliqué sur une console analogique, car il fallait noter tous les réglages et les refaire un à un, il suffit en numérique d'enregistrer l'état du travail pour le retrouver à l'identique plus tard.

Grâce à toutes ces améliorations, les consoles numériques ont considérablement augmenté les capacités et la facilité du travail en concert, ce qui explique leur forte présence dans le monde professionnel. Mais ces améliorations ont entraîné dans un second temps l'apparition de problèmes nouveaux auxquels les ingénieurs du son n'étaient pas habitués. On peut par exemple citer leur nature informatique et les pannes associées, ou le fait que les écrans soient difficilement utilisables à la lumière du jour ou pour les malvoyants (MERCIER, 2013, p. 235).

Mais leur principal défaut vient de la manière dont est pensée leur interface. Cette question est cruciale car la capacité de traitement des consoles de mixage a considérablement augmenté. Comme leurs dimensions ne peuvent raisonnablement augmenter proportionnellement à leurs performances, leur interface doit pouvoir condenser toutes ces nouvelles fonctions en gardant une taille fixe. De ce fait, la taille de la console ne correspond plus à celle de l'installation qu'elle contrôle, ce qui, déjà, est contre-intuitif.

Pour permettre cette densification, la technologie numérique a apporté avec elle la possibilité de déconnecter les contrôleurs sonores des fonctions auxquelles

10. La console Rivage PM10 de Yamaha se vante de pouvoir recréer le son des consoles Neve et d'autres composants analogiques http://www.yamahaproaudio.com/global/en/products/mixers/rivage_pm10/.

ils sont associés. Un fader peut successivement représenter le niveau d'une piste, son niveau d'envoi dans un circuit auxiliaire, le niveau général d'un groupe de pistes ou la tirette d'un égaliseur graphique. Si cela permet indéniablement de gagner de la place et de modifier tous ces réglages de façon intuitive, l'utilisateur perd tout sens immédiat de la fonction des outils. Il faut, à tout moment, qu'il soit informé de la nature du paramètre réglé et de l'endroit de la chaîne où il s'applique. Cela complique donc beaucoup la compréhension de l'espace de travail et brise l'immédiateté nécessaire à l'usage non-équivoque et rapide des outils.

Cette multiplicité des fonctions au sein d'un même contrôleur a logiquement conduit à l'uniformisation de ces derniers. D'une part, deux contrôleurs semblables peuvent être rassemblés en un seul avec une fonction commutable, il y a donc intérêt à le faire pour gagner de la place. En plus de cela, il s'agit d'une solution rapide pour reposer des repères là où ils ont été perdus : si beaucoup trop de choses sont possibles, elles sont au moins toutes présentées et réglables de la même façon.

Sauf que ces ressemblances cachent une profonde différence de fonctionnement. Modifier le seuil d'un compresseur n'est pas ajuster un envoi dans un auxiliaire ou choisir le nombre d'entrées à router simultanément. Or, tout cela peut être effectué avec un potentiomètre rotatif à course infinie sur les consoles « dLive » d'*Allen & Heath*. Bien que ces outils soient répartis différemment sur la surface afin de pouvoir les distinguer, il reste que tous se ressemblent et qu'il n'est pas forcément évident de les identifier rapidement.

Conclusion

La façon dont est conçue et pensée l'interface des consoles de mixage numériques pose donc de nombreux problèmes. S'ils ont créé des outils à la fois légers, puissants et polyvalents, les concepteurs se sont heurtés à des problèmes diffi-

ciles quant à la manière d'agencer toutes ces fonctionnalités. Ils ont été amenés à faire des choix clairs dans le but de plaire à un maximum de personnes. La conséquence en est que les mixeurs, principalement amenés à exercer des responsabilités multiples et contraignantes, se retrouvent souvent à chercher comment fonctionne leur console.

On peut constater aujourd'hui que pour tenter de répondre à ces problèmes, les concepteurs ont choisi de reprendre en grande partie l'ergonomie des consoles analogiques, et que cela rassure les utilisateurs.

« Mais l'usage de la disposition des consoles analogiques s'est imposé avec raison, et cette HUI [*Human User Interface, l'interface d'utilisation, NdA*] qui représente physiquement les commandes d'un puissant ordinateur de traitement audio, se présente donc comme une console, bien qu'elle soit en réalité qu'une télécommande, inutilisable sans l'ordinateur associé »

SIMON, POL, « Les consoles ». . In *Le livre des techniques du son ; Tome 2 : La technologie* Éditions Dunod, Paris, 2013, p. 267

Cette remarque est intéressante car elle ne semble pas émaner d'une pensée nostalgique mais bien de l'expression d'un confort d'utilisation et de représentation du rôle de l'équipement. Elle explique également qu'il y a des points positifs à l'ergonomie analogique et que la rejeter totalement serait malvenu.

Mais cette conception quasi-analogique des interfaces court le risque de devenir obsolète au fil de l'arrivée de nouvelles technologies. On constate déjà, notamment sur le modèle « CL5 » de *Yamaha*, que l'utilisation et la gestion « analogique » des *réseaux audionumériques** (« Dante », dans ce cas) pose des problèmes dans le routing et la représentation du système¹¹.

11. Sur cette console, toute source doit d'abord être assignée à un canal du réseau, puis chaque canal du réseau doit être envoyé dans une piste de la console. Il en va de même pour les sorties. On se retrouve alors avec deux routings potentiellement différents qui peuvent causer des erreurs et, à coup sûr, nous perdre dans leur gestion.

Il semble donc que nous soyons dans l'obligation de changer l'approche de design des consoles numériques afin d'en améliorer l'ergonomie, en utilisant au mieux les outils numériques pour pouvoir faire face aux évolutions du métier. Nous proposons pour cela une approche centrée sur l'utilisateur, plaçant ce dernier au cœur de notre démarche.

Partie II

Analyse du métier d'ingénieur du son de concert

La création d'un modèle alternatif d'ergonomie de console numérique ne peut se passer d'une analyse précise des circonstances de son utilisation. Une proposition peut tout à fait se révéler séduisante sur le papier, mais se heurter à des contraintes d'utilisation non envisagées. Par ailleurs, cette analyse peut aussi mettre en lumière les contraintes générales de l'interface des consoles, définissant le champ des améliorations souhaitables et, surtout, les moments où la technologie actuelle remplit parfaitement son rôle. C'est pour cela que nous avons procédé à l'analyse ergonomique de la tâche de l'ingénieur du son mixant en façade et en retours. Nous avons pour cela appliqué des méthodes proposées et confirmées par les ergonomes, à savoir l'analyse hiérarchique des tâches (AHT) et l'analyse procédurale des tâches (APT). Celles-ci furent complétées via des éléments d'autres théories afin de mieux comprendre les enjeux d'utilisation des consoles

II. 1 Analyse hiérarchique du travail de l'ingénieur du son

II. 1.1 Principe général

L'analyse hiérarchique des tâches (*Hierarchical Task Analysis*) a été proposée et codifiée en 1967 par John ANNETT et K.D. DUNCAN¹. Elle a d'abord été pensée pour améliorer la qualité de la formation à certains travaux élémentaires en recentrant les efforts sur les tâches qu'on devait effectuer plutôt que sur la résolution théorique de problèmes. Pour cela, les chercheurs ont imaginé des critères de décomposition afin de déterminer quelles étaient ces tâches élémentaires composant les travaux et leur importance dans la chaîne de travail.

Pour chaque tâche identifiée, l'ergonome doit quantifier deux données :

- la probabilité d'une performance inadéquate sans aucun entraînement ;
- le coût d'une performance inadéquate pour le système de travail.

Autrement dit, il doit se demander quelle est la difficulté du travail, et ce qu'il en coûte de mal l'effectuer. Si l'une ou le produit de ces valeurs est inacceptable, il faut diviser ce travail en sous-tâches et réévaluer chacune d'entre elles selon les mêmes critères. Cette opération est répétée autant de fois que nécessaire.

On crée ainsi un arbre de données engendré par des descriptions de tâches de plus en plus précises. Les feuilles² de cet arbre représentent les tâches dites élémentaires se caractérisant soit par des valeurs acceptables aux critères définis plus haut, soit par une formation claire et efficace pour apprendre à les réaliser.

L'arbre de données est ensuite complété par ce qu'on appelle des plans. Il s'agit d'une description de l'ordre dans lequel s'effectuent les tâches et des relations

1. ANNETT, J. et DUNCAN, K.D., « Task Analysis for Training Design ». *Occupational Psychology*, 1967 N° 41, pp. 211–221.

2. Nœuds dont ne part aucune autre branche, les fins de chaîne.

qui permettent de passer d'une tâche à l'autre, semblable à la manière dont on décrirait l'ensemble du travail dans le langage courant.

La figure II.1 montre un exemple d'AHT appliquée à la tâche *faire du thé*. Il est emprunté à Dix, Finlay, Abowd et Beale (1993)³.

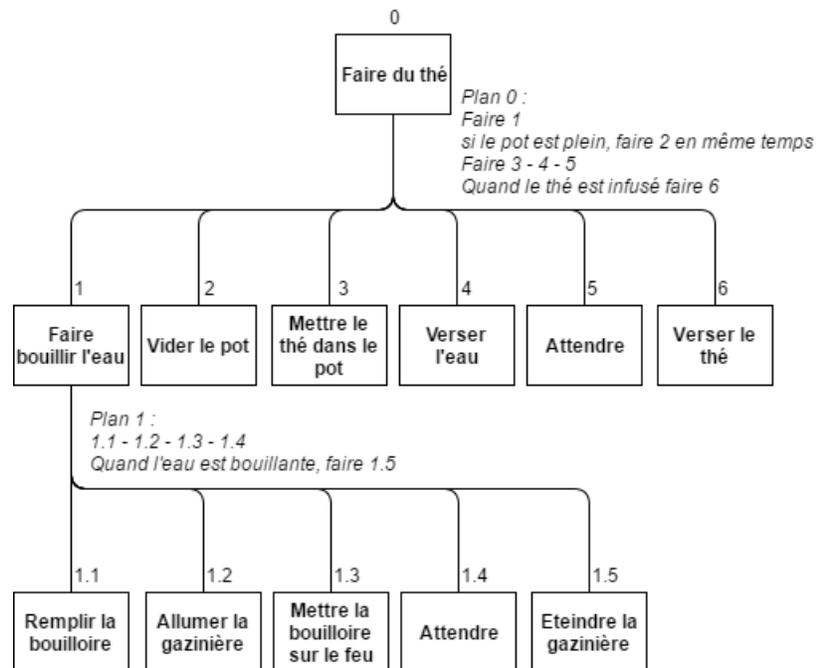


FIGURE II.1 – Analyse hiérarchique de la tâche *faire du thé*.

Cette méthode d'analyse a été utilisée en 1985 par des chercheurs anglais pour évaluer et améliorer l'ergonomie des consoles analogiques de l'époque. Elle leur a permis de montrer l'importance de grouper les potentiomètres rotatifs en blocs fonctionnels et de les rendre plus accessibles en inclinant la partie haute de la console vers l'utilisateur⁴. Ces propositions étant aujourd'hui répandues sur les

3. DIX, A. *et al.*, *Human-Computer Interaction*. Hillsdale, Prentice Hall, 1993.

4. HODGKINSON, G .P. et CRAWSHAW, C.M., « Hierarchical task analysis for ergonomics research. An application of the method to the design and evaluation of sound mixing consoles ». *Applied Ergonomics*, 4 1985 N° 16.

consoles analogiques modernes, il nous a paru intéressant de reconduire l'expérience sur des consoles numériques actuelles.

Notre objectif était d'avoir une description aussi précise que possible du métier d'ingénieur du son de concert afin de comprendre quel champ de travaux la console de mixage doit permettre d'effectuer. Et dans un second temps, nous voulions mettre ces tâches en rapport avec les consoles actuelles et voir s'il n'y avait pas d'incohérences qui expliqueraient des problèmes rencontrés.

II. 1.2 Ajustements de la méthode

La méthode développée par les chercheurs semble être conçue pour des travaux précis et routiniers. Elle aboutit à la description d'une tâche au déroulement immuable, notamment via l'application systématique des plans.

Or, le travail de l'ingénieur du son est soumis à de nombreux aléas pouvant venir de problèmes techniques, humains ou d'un manque de temps pour réaliser correctement les tâches. En ajoutant à cela le fait que, dans une certaine limite, chaque ingénieur du son peut avoir un ordre de travail différent, on ne peut ici attribuer de plans tant tout est susceptible de changer en permanence. On ne peut que lister, dans un ordre aussi logique que possible, l'ensemble des tâches qui peuvent lui échoir.

Un autre ajustement a été nécessaire pour définir les critères d'arrêt de la décomposition. Ceux qui ont été définis par les chercheurs étaient conçus pour mettre en exergue les processus de formation, se focalisant donc sur la difficulté d'apprendre et les risques en cas d'erreurs.

Comme nous avons choisi de mettre en place une description aussi exhaustive que possible du travail des ingénieurs du son de concert, nous devons avoir un résultat valable pour un maximum de consoles et de situations. Pour cela, il nous a fallu dégager les obligations générales du métier en écartant les procédures de manipulation des consoles, propres à chacune d'entre elles. Nous avons donc choisi d'arrêter la description aux sous-tâches ne pouvant être découpées qu'en

une série de manipulations de console.

II. 1.3 Méthode

Dans un premier temps, il a fallu déterminer le moment de travail que nous voulions analyser. Comme nous l'avons expliqué dans la partie I. 3.3 le métier d'ingénieur du son peut s'étendre sur plusieurs semaines, entre la préparation avec la production et les artistes, le jour du concert et les éventuels retours qui se produiraient après. Puisque nous nous concentrons sur la relation entre le mixeur et sa console numérique, nous avons choisi de réaliser cette analyse sur les tâches advenant le jour du concert dans le cadre d'un environnement de travail déjà installé. Cela ne comprend donc pas les installations des régies, ces phases de travail étant plus caractéristiques des compétences de l'ensemble de l'équipe que du mixeur lui-même.

Dans une étude d'ergonomie normale, l'AHT se déduit d'entretiens et d'observation de professionnels sur le terrain par un ergonome de métier. Le temps, mon absence de formation à l'ergonomie et les moyens alloués à cette étude ne permettaient pas de mettre en place un tel dispositif. J'ai donc dû effectuer moi-même une première ébauche d'analyse en me basant sur ma connaissance du métier.

Afin de compléter et de corriger cette première décomposition, j'ai ensuite fait fait appel à Fabien AUBERT, ingénieur du son de concerts professionnel et professeur de sonorisation à l'EMC. Son expérience cumulée dans les milieux professionnel et de l'enseignement lui a permis d'acquérir une très bonne vision générale du métier. Je lui ai donc envoyé une première ébauche du travail, qu'il a corrigée et complétée en y apportant des nuances et des aspects professionnels supplémentaires.

L'arbre finalement obtenu est en figure II.2, et les tâches associées aux codes présents dans l'arbre sont détaillées en annexe B.

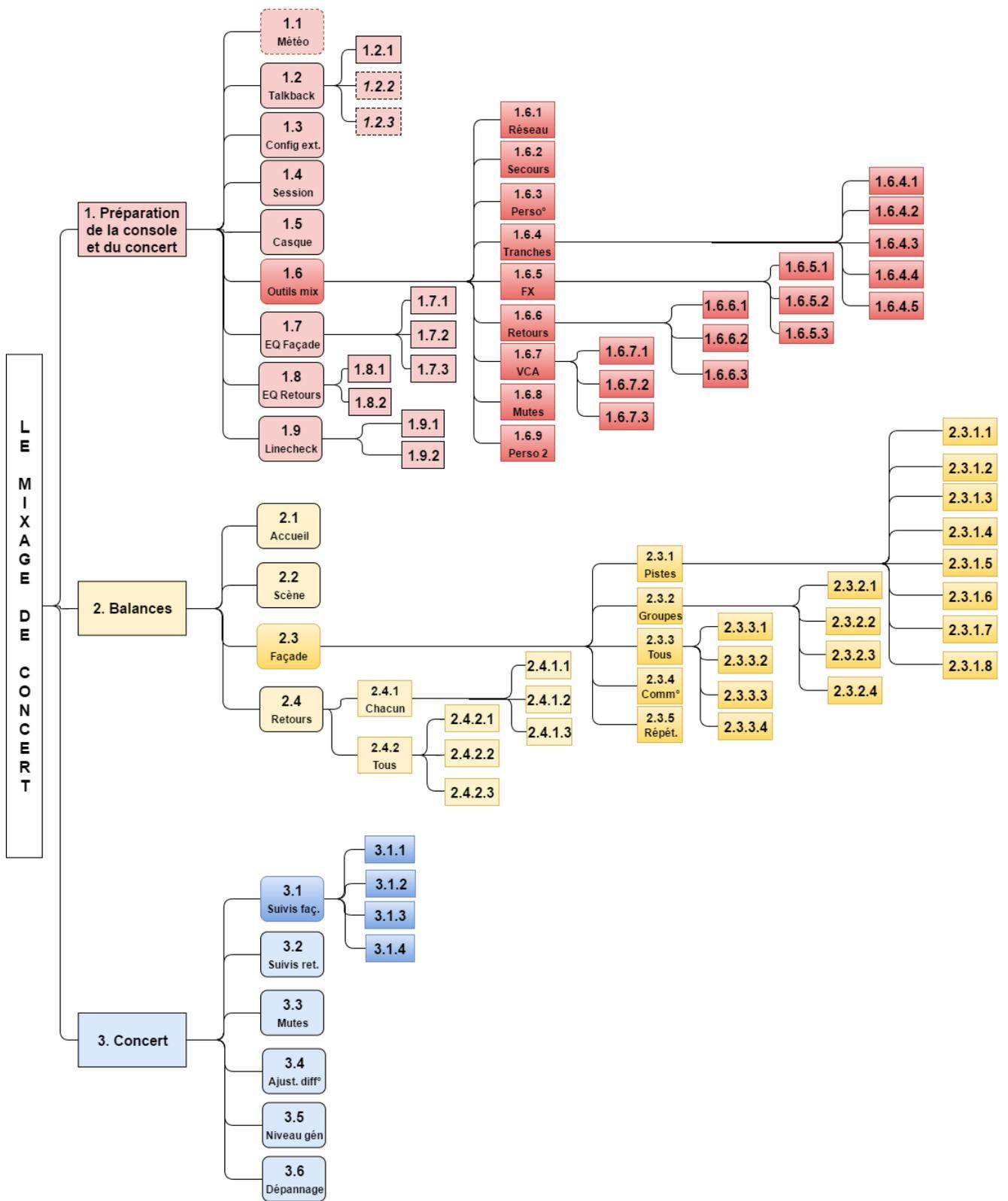


FIGURE II.2 – Analyse hiérarchique de la tâche de l'ingénieur du son de concert.

II. 1.4 Résultats

On peut décomposer la journée de l'ingénieur du son en trois moments principaux : la préparation (en rouge sur l'arbre), les balances (en jaune) et le concert (en bleu)⁵

Préparation

Les tâches allant de 1.3 à 1.6 décrivent l'ensemble des travaux visant à préparer, configurer et vérifier le fonctionnement de la console. S'il ne la connaît pas et qu'il n'est pas aidé, l'ingénieur du son doit prendre le temps de la comprendre, temps qui pourrait manquer par la suite. Ce manque d'expérience peut entraîner des maladresses ou des fausses manipulations qui se répercutent inévitablement sur le fonctionnement du système. Or, comme quasiment aucun son n'est utilisé à ce moment, une erreur pourrait passer inaperçue jusqu'au moment des balances, ce qui ne manquera pas d'atteindre la confiance des artistes envers l'équipe.

Pour éviter cela, l'ingénieur du son doit avoir un travail aussi précis que possible. Cela passe par un recours systématique aux tests, notamment dans ses opérations de routing. Il peut le faire en envoyant du son dans sa console pour voir s'il sort bien via les circuits prévus. Mais quand ce n'est pas possible (enceintes non installées, risque de larsen, présence d'une hiérarchie qui ne doit pas entendre les erreurs, ...), il doit pouvoir compter sur ses moyens de vérification indirecte : l'affichage d'informations de la console (indicateurs verticaux de niveau, « diodes » de présence de signal ou de saturation, indications sur le routing) et l'écoute au casque. Si ces aspects sont défaillants, l'opérateur peut ne pas savoir si son système fonctionne correctement ou, pire, perdre du temps à vérifier quelque chose qui fonctionne déjà. Il s'agit donc de systèmes primordiaux à l'usage courant des consoles.

En réponse à ces problèmes, les constructeurs ont conçu et mis gratuitement en ligne des logiciels de contrôle des consoles. On peut y concevoir à l'avance

5. Fabien AUBERT propose d'y ajouter un moment de retours sur le concert après ce dernier. Il n'a pas été inclus car hors du champ de l'étude.

l'ensemble de l'environnement de travail et ne plus avoir qu'à le charger sur la console le jour du concert. Cela évite une partie du stress mais ne résout pas vraiment la question en ne faisant qu'accorder un temps supplémentaire pour trouver des solutions.

Durant cette préparation, on retrouve régulièrement des moments de personnalisation de l'espace de travail (1.6.3, 1.6.9, ...). Comme la technologie numérique a créé des contrôleurs sans lien physique avec leur fonction, l'utilisateur peut modifier à sa guise son interface de travail dans la limite de ce qui a été prévu pour. Il est ainsi courant de pouvoir modifier la disposition des tranches sur la surface et d'assigner certaines fonctions à des boutons vierges par défaut (système des *User Defined Keys*).

Ces tâches sont essentielles, car elles permettent à l'ingénieur du son d'adapter son outil de travail à ses préférences et donc d'augmenter son efficacité. À première vue, on peut même estimer que cette capacité d'adaptation de l'outil constitue, pour les concepteurs, une forme de « solution miracle » aux problèmes d'ergonomie : ils n'ont plus à se soucier des besoins des mixeurs vu qu'ils trouvent leurs solutions eux-mêmes. Et, de fait, il existe des consoles⁶ où les interfaces ne disposent d'aucune configuration de base. Elles sont vierges à l'allumage et l'utilisateur doit tout concevoir.

Mais ce sont des phases qui, incontestablement, prennent du temps. De ce fait, devoir concevoir une interface entière semble peu adapté à la sonorisation, vu que cela immobilise inévitablement le mixeur durant cet intervalle⁷. Il faut également qu'il ait une idée précise des capacités de son interface en conditions réelles. S'il se trompe, il perd un temps supplémentaire à corriger ses erreurs, et ce, dans des moments où il ne peut pas se le permettre.

Les personnalisations sont donc un moment important du travail, mais dont la place souhaitable reste sujette à discussion. Les tests des consoles à venir vont

6. On peut citer le modèle « L500 » de SSL.

7. La solution peut, encore une fois, venir d'une préparation en amont, avec toutes les réserves précédemment exprimées.

apporter un début de réponse à cette question compliquée.

Les points 1.7 et 1.8 concernent l'égalisation des systèmes de diffusion. Il s'agit d'un moment où l'ingénieur du son envoie des signaux connus tels que sa voix, des CDs de référence ou des signaux de test dans la façade ou les retours afin d'adapter leur réponse sonore au lieu de diffusion, au style de musique et à ses goûts⁸. Dans un second temps, essentiellement pour les retours, le mixeur va volontairement provoquer des larsens afin d'en repérer les fréquences. Cela lui permet de les atténuer dans les circuits concernés avec des égaliseurs graphiques afin de limiter le risque d'apparition pendant le concert. Mais cette identification des fréquences problématiques ne se fait, de base, qu'avec son oreille.

Cette situation met en lumière deux visions antagonistes de la conception des interfaces vis-à-vis des représentations graphiques des traitements. Dans l'une, on compte sur la compétence de l'opérateur quitte à le mettre en difficulté s'il ne l'a pas; dans l'autre on lui donne un maximum d'outils afin de l'assister dans son travail au risque de l'empêcher de s'améliorer. Ici, on pourrait aider l'opérateur en mettant en place un analyseur de spectre qui indiquerait clairement les fréquences qui bouclent⁹ pour gagner du temps :

« Dans une reconnaissance fréquentielle aveugle [...] le processus est long et aléatoire s'il n'y a pas de reconnaissance immédiate. Or la reconnaissance immédiate demande une formation spécifique de l'utilisateur. Rappelons en outre que les informations données par l'analyseur de spectre ont une précision supérieure à la discrimination fréquentielle de l'oreille et surtout qu'elles sont plus fiables, contrairement à un système auditif victime de variations importantes [...].

En somme, il suffit de savoir lire un graphique pour être efficace avec

8. Nous partons du principe que le système de façade a déjà été *calé*, c'est-à-dire réglé pour avoir une réponse sonore cohérente dans le lieu de diffusion.

9. C'est d'ailleurs le cas sur le modèle *CL5* de Yamaha qui permet d'afficher l'analyse du signal des signaux passant dans les égaliseurs graphiques.

l'analyseur de spectre, tandis que la reconnaissance fréquentielle « aveugle » nécessite une solide formation pour être opérationnelle et permettre d'effectuer une reconnaissance immédiate »

CORVISIER, LAURENT, *Influence des représentations graphiques sur les traitements fréquents*. Mémoire de fin d'études de l'ENS Louis-Lumière, 2002, p. 63

Ce propos, issu de l'analyse de résultat de tests portant sur l'importance des visualisations graphiques sur l'appréciation des égalisations, prête aux analyses de spectre deux qualités primordiales en sonorisation¹⁰ : leur précision et leur facilité d'utilisation. Sauf qu'en utilisant de tels outils, l'opérateur ne forme pas idéalement son écoute et court le risque d'être dépendant des analyseurs pour reconnaître une fréquence. Si un larsen intervient pendant le concert, il devrait ainsi rechercher son outil où qu'il soit (tablette, ordinateur séparé ou visualisation sur la console) alors qu'une bonne oreille lui aurait rapidement donné la solution.

Néanmoins, en l'absence de certitudes sur la compétence et l'état de l'audition du mixeur, un analyseur de spectre à accès rapide constitue sans doute une sécurité appréciable pour les installations.

Dans cette optique, il me semble qu'il devrait être présent sur les sorties, surtout si le mixeur fait les retours depuis la façade (risque que le signal qui boucle soit « masqué » sur la courbe par le son de la salle). Mais cela ne s'applique pas à l'ensemble des paramètres qui peuvent être accompagnés d'une représentation graphique. Il serait donc intéressant de généraliser l'étude de Laurent CORVISIER aux paramètres autres que les égaliseurs pour voir si ces représentations sont pertinentes ou non en sonorisation.

Balances

L'ingénieur du son tient le rôle le plus important de toute l'équipe durant cette phase, puisqu'elle est principalement dédiée au réglage du son du concert. En plus de mixer (2.3), il doit acquérir un maximum de certitudes sur le comporte-

10. Cette étude s'est toutefois conduite en studio.

ment du son dans la salle (2.3.3.3), les niveaux de mixage des sources en façade (2.3.1.3) et en retours (2.4.1.1) et les envies des musiciens (2.1) afin de limiter les risques de surprise au moment du concert. La console de mixage doit donc lui permettre d'accomplir toutes ces tâches facilement.

Pour cela, il est indéniable que les constructeurs ont apporté des solutions efficaces, bien qu'il y ait des différences d'implantation qui les rendent plus ou moins aisées à utiliser. La communication avec les musiciens est facilitée par les systèmes de *talkback**, qui permettent depuis la console de s'adresser directement à eux. De même, l'arrivée récente des applications sur tablette permettant de contrôler la console via un réseau Wi-Fi a considérablement changé la vie des mixeurs, en rendant leur « console » mobile. Ils peuvent ainsi se déplacer dans la salle ou sur scène pour régler les retours. Non contents de se rendre compte du son produit par le mixage, ils se tiennent aux côtés des musiciens, ce qui est une marque immédiate de proximité dans leur relation.

L'autre point important des balances est la découverte des fonctions sonores de la console (2.3 et 2.4). Si celles-ci ont été aperçues et potentiellement préparées auparavant, leur utilisation pour régler la balance des instruments est nouvelle et peut être compliquée à comprendre.

Il se trouve que les balances sont des moments désagréables pour les musiciens car ils doivent d'abord jouer de chaque instrument un par un, ce qui peut être très long à l'échelle d'un groupe entier¹¹. Le mixeur doit donc passer un minimum de temps sur chaque instrument afin de leur permettre de rapidement jouer ensemble. S'il prend du retard en recherchant une fonction ou en s'apercevant d'un dysfonctionnement, il court le risque d'énerver le musicien et donc de rompre sa confiance. Les fonctions sonores courantes doivent donc être aussi aisées à comprendre qu'à utiliser afin de garder un maximum de fluidité dans la conduite des balances.

11. En tournée, on pratique de plus en plus une balance sans les musiciens grâce aux enregistrements multipistes pratiqués lors de concerts précédents. Cela permet de laisser les musiciens tranquilles, au risque d'une surprise au début du vrai concert.

Concert

Comme nous l'avons expliqué en section I. 3.2, la présence nouvelle du public au moment du concert modifie le jeu des musiciens, mais aussi l'acoustique de la salle. Cette soudaine différence rend la balance caduque et oblige l'ingénieur du son à se réadapter. Les premiers instants du concert sont donc un moment de grande tension où le mixeur doit régler le plus rapidement possible l'ensemble des problèmes sonores qu'il constate. Ces problèmes peuvent être divisés en deux catégories demandant des réponses ergonomiques différentes.

Les questions de mixage sonore (3.1) doivent être réglées avec les fonctions courantes : EQ, compression, *gate**, effets, niveaux... Ces manipulations doivent être aussi discrètes que possible afin de ne pas occulter la transmission correcte du spectacle. Le mixeur ne peut donc pas utiliser la méthode courante consistant, dans un premier temps, à exagérer les problèmes pour les identifier et les corriger et, dans un second temps, à couper le traitement effectué pour entendre s'il améliore vraiment les choses. Il doit procéder par tâtonnements en écoutant aussi précisément qu'il peut pour évaluer son travail.

Dans ces conditions, le mixeur doit avoir l'illusion d'agir directement sur la matière sonore en n'ayant pas à se poser de questions sur le moyen de le faire. Et comme la console est destinée à être utilisée par n'importe quel mixeur, il faut que son design soit évident pour le plus de gens possible.

C'est à mes yeux pour cela qu'on ne constate que peu de différences dans l'ergonomie des fonctions courantes entre les consoles analogiques et numériques (exception faite aux manipulations directes via les écrans tactiles). Les concepteurs s'assurent de créer des interfaces évidentes en reprenant les codes de celles qui existent déjà. Et, de fait, on ne peut nier l'efficacité de cette méthode lors de la première rencontre avec une console numérique : on comprend le fonctionnement de base rien qu'en voyant les outils habituels sur l'interface.

Après, vouloir aller au-delà de ces évidences ne doit pas occulter l'utilité intrinsèque de certains dispositifs. Par exemple, les faders sont à la fois un outil d'ac-

tion à accès rapide et un outil d'information immédiate sur les rapports sonores des sources entre elles. Ne plus les inclure dans les surfaces serait hasardeux tant leurs qualités sont utiles à la sonorisation. Pour s'en rendre compte, on peut se pencher sur l'interface proposée par Carrascal et Jordà en 2011¹². Elle se base sur la technologie de la *Reactable* en permettant de régler le niveau et la spatialisation des sources en fonction de la position des objets qui les représentent par rapport à un point d'écoute sur une surface (voir figure II.3). Si cela rend le mixage plus maniable, cela pose des problèmes quant à l'appréciation précise des distances (donc des niveaux). Et augmenter le nombre de pistes rendrait l'interface difficile à lire. De ce fait, en souhaitant changer de modèle, cette interface augmente à mes yeux la maniabilité au prix de la lisibilité, ce qui la rend difficile à utiliser en concert.



FIGURE II.3 – Interface de mixage de Carrascal et Jordà

12. CARRASCAL, JUAN PABLO et JORDÀ, SERGI, « Multitouch Interface for Audio Mixing ». . In *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. 2011.

Les autres problèmes pouvant intervenir sont ce que l'on appelle couramment les problèmes techniques, ceux qui gênent le fonctionnement correct de l'installation (3.6). Ils peuvent se traduire par des craquements, des saturations voire l'absence totale de signal s'ils sont liés à la chaîne sonore. Le rôle de l'ingénieur du son est d'identifier au plus vite leur origine (dépendante ou non de son travail) et leur solution car c'est lui qui, au travers de sa console, a accès au plus de données sur le son. La console devient alors un espace de collecte d'informations, principalement via les écrans.

Le principal enjeu ergonomique de ces systèmes d'information est dû à leur grand nombre. On ne peut pas chercher à tous les rendre immédiatement accessibles : cela rendrait les interfaces illisibles. Il faut donc trouver le moyen de les organiser de façon à les rendre à la fois accessibles et compréhensibles, deux notions qui me semblent à première vue opposées.

Les solutions proposées par les constructeurs à ce sujet sont multiples et fondent une grande partie de leurs différences ergonomiques. Si, par exemple, on regarde la façon dont les constructeurs ont choisi de présenter les écrans d'informations sur les tranches audio sur l'image II.4, on voit que certains proposent des écrans très riches en information concernant le bac de tranches sélectionnées (série « SD » de *DiGiCO*, série « Vi » de *Soundcraft*) quand d'autres misent sur des écrans présentant l'information d'une seule tranche (série « CL » de *Yamaha* et « dLive » de *Allen & Heath*). Et à l'intérieur de ces écrans, chacun choisit un jeu de couleurs pour les fonctions, la position de chaque élément, la façon de lier les réglages à l'interface physique, etc.

Les décisions de design à ce sujet se prennent en tenant compte de l'interaction entre les contraintes matérielles, la technologie d'écran privilégiée et l'interface physique, tout en essayant de rendre l'interface agréable pour l'utilisateur. Cela explique la complexité de ces processus et les erreurs que l'on peut détecter.



FIGURE II.4 – Écrans d’information des consoles *DiGiCo* «SD9» et *Yamaha* «CL5»

Conclusion

Cette analyse a permis de comprendre quels sont les principaux enjeux ergonomiques des interfaces des consoles de mixage et sous quelles contraintes elles sont utilisées. Elles doivent à la fois permettre un dialogue efficace entre l’utilisateur et les fonctions sonores et être suffisamment bien organisées pour qu’on retrouve toutes les informations que l’on souhaite, y compris dans des moments de stress. On peut constater que la technologie numérique apporte beaucoup en terme de maniabilité et de personnalisation, mais l’augmentation croissante des capacités de mixage pose des problèmes d’organisation interne.

Il est toutefois clair que cette analyse ne peut rendre compte à elle seule des réalités du métier. Nous avons par exemple été incapables de l’appliquer efficacement sur la tâche du concert, car ce travail relève moins d’une procédure qu’à une adaptation permanente à un environnement changeant. Nous avons donc besoins d’outils complémentaires afin de comprendre comment sont prises les décisions relatives au mixage du son.

II. 2 Analyses procédurales des décisions

Il est très compliqué de comprendre précisément la façon dont l'ingénieur du son prend des décisions. Il faudrait prendre en compte ses connaissances, sa qualité d'écoute, les contraintes du jour et son sens esthétique. En plus de cela, il faudrait pouvoir lister les moments où le mixeur doit prendre des décisions dans un milieu où l'imprévu a une place prépondérante. Mais l'étude de l'interaction entre la console et son utilisateur ne peut se passer d'une telle compréhension, car l'outil de travail doit aider, ou au moins ne pas entraver ces prises de décision. Nous avons donc tenté d'appliquer différentes méthodes ergonomiques afin de mieux cerner ces processus.

II. 2.1 Méthode de Miller

La première étape de notre réflexion s'est construite à partir de critères définis en 1953 par Robert B. MILLER¹³. Dans son article intitulé « A Method for Man-Machine Task Analysis », ce dernier propose une méthode d'analyse des « compétences à réaction continue » (*continuous feedback skills*) consistant à identifier certaines caractéristiques de chaque tâche et à les renseigner dans un formulaire. Nous avons choisi d'en retenir deux (sur un total de quatorze) :

- les valeurs critiques (*critical values*), qui sont les valeurs des paramètres pour lesquelles le système s'approche d'une discontinuité ; autrement dit, ce sont les circonstances où l'opérateur doit agir pour rétablir un équilibre ;
- les signaux de retour (*feedback cues*), les signaux renvoyés par la machine à l'utilisateur qui lui permettent de contrôler l'état du système et de prendre des décisions vis-à-vis de son utilisation.

Ces caractéristiques ont été renseignées, dans la mesure du possible, pour chaque

13. MILLER, ROBERT B., *A method for Man-Machine Task Analysis*. DTIC Document, 1953 – Rapport.

tâche précédemment déterminée afin de mieux cerner les conditions dans lesquelles sont prises les décisions. Les tableaux qui en résultent peuvent être trouvés en annexe C.

II. 2.2 Analyse procédurale

L'analyse procédurale est une décomposition du travail classiquement utilisée en complément de l'analyse hiérarchique. Elle permet, à l'intérieur d'une tâche, de montrer à quel moment sont prises les décisions et les conséquences qu'elles ont sur la suite du travail. Elle ne s'applique donc qu'aux travaux dans lesquels l'opérateur doit opérer des choix ou des discriminations, par opposition aux tâches simples qui ne demandent qu'à exécuter une routine¹⁴.

Pour chaque tâche ainsi analysée, on obtient à terme un diagramme présentant les points de départ et d'arrivée de l'action, les travaux effectués et les points pour lesquels il faut prendre des décisions. Cela permet de rendre compte de l'ensemble des processus de réflexion et de jugement mobilisés dans l'exercice de cette tâche, et donc de comprendre les moments problématiques sur ce point. Les diagrammes obtenus sont présentés en annexe D.

II. 2.3 Résultats

De façon globale, on constate que les tâches demandant une décision représentent plus de la moitié des tâches recensées (42 sur 69). Elles sont constitutives des moments de mixage mais plutôt minoritaires au moment de la préparation. Notons que nous avons choisi de ne pas y inclure les tâches de personnalisation de la surface car les décisions n'y sont pas contraintes et n'impliquent que les envies de l'opérateur.

La méthode de Miller a apporté des résultats contrastés. Les valeurs critiques ne nous ont pas permis de dégager de réelles tendances car elles sont très diverses

14. MOSCATO, MICHEL, *Analyse des taches en ergonomie*. Éditions Dunod, Paris, 2005, p. 32.

et souvent liées de façon trop évidente à la tâche. Par exemple, dans le cas du réglage de gain d'entrée d'une tranche (2.3.1.2), la valeur critique est « gain trop fort ou trop faible », ce qui n'apporte pas grand chose.

En revanche, les signaux de retour présentent une caractéristique intéressante. On peut les classer en deux catégories : les signaux sonores, venant des enceintes ou du casque, et les signaux visuels, venant de la surface et des écrans. Il existe beaucoup de tâches où les deux sont présents. Cela répond directement au besoin exprimé plus haut d'avoir pour chaque tâche de mixage un complément visuel en cas d'impossibilité à écouter. Néanmoins, la présence nombreuse de ces informations audio-visuelles peut nous interroger sur leur rôle dans l'attention du mixeur et la qualité de son travail. De nombreuses études montrent en effet qu'il existe une prédominance visuelle lors de l'interaction avec d'autres sens (CORVIER, Mémoire de fin d'études de l'ENS Louis-Lumière, 2002, p. 23). Nous allons explorer cette question lors des tests de la partie III.

De son côté, l'analyse procédurale n'a pas du tout permis d'aller au cœur des tâches de travail sur le son. En effet, en cours d'élaboration, je me suis aperçu d'un problème dans la structure même de l'analyse qui la rendait inadaptée pour ce type de travaux. Il fallait recenser toutes les décisions qui échoient au mixeur lors de son travail, mais suivant l'échelle adoptée, je me retrouvais face à deux extrémités peu significatives.

Si l'on voulait une description exhaustive des décisions, il aurait fallu trouver tout ce qui pouvait les provoquer. Mais il y a énormément de cas possibles et il aurait fallu y ajouter à chaque fois la fatigue et les qualités d'écoute du mixeur qui sont deux facteurs pouvant moduler ses réactions. Le travail était donc beaucoup trop lourd pour le temps dont je disposais.

D'un autre côté, rechercher un point de vue plus général sur les problèmes menait à des descriptions sans intérêt et répétitives. Ainsi, pour un réglage sonore, on trouve que l'opérateur doit se demander si son réglage est « bon ou adapté », et s'il ne l'est pas, il doit le « corriger ».

De ce fait, les seules tâches pour lesquelles nous avons réussi à construire une

analyse procédurale sont celles où les décisions n'impliquent qu'un seul paramètre à la fois, souvent sous la forme de vérifications de fonctionnement. Mais parmi elles, nous avons repéré un motif récurrent très intéressant sur le plan de l'ergonomie.

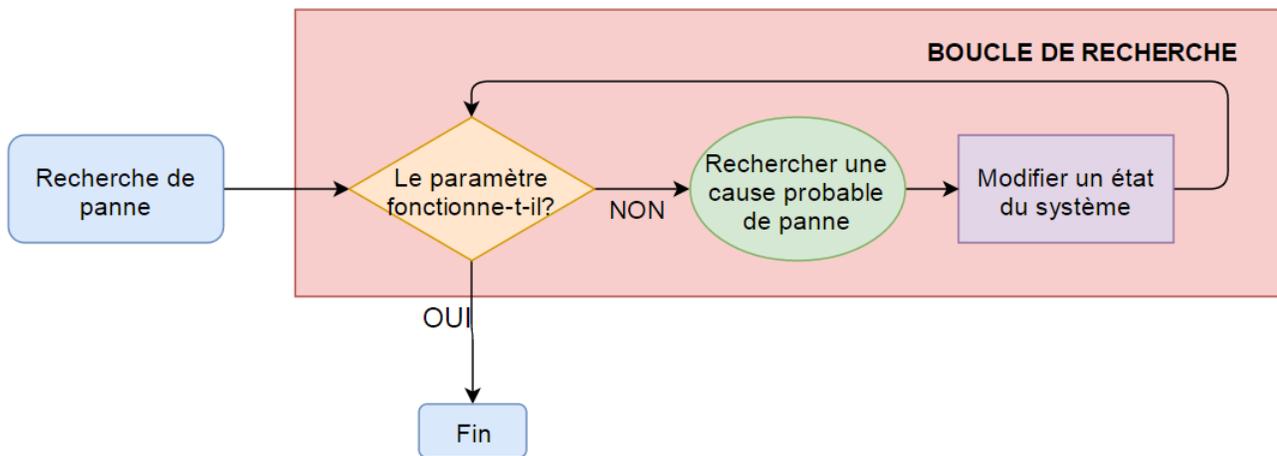


FIGURE II.5 – Analyse procédurale de la recherche de pannes

Lorsque l'ingénieur du son se rend compte d'un problème, il entre dans ce que nous avons appelé une boucle de recherche, modélisée en figure II.5. Il va dans un premier temps chercher à identifier une cause probable de panne puis modifier l'état correspondant du système avant de réévaluer son réglage. S'il n'est pas parvenu à résoudre le problème, il doit continuer à chercher, tournant en continu dans cette boucle jusqu'à ce qu'il trouve la solution (ou, dans des cas extrêmes, qu'il trouve le moyen de passer outre).

Anecdotique quand elle ne dure pas longtemps, cette phase devient critique lorsque la solution n'est durablement pas trouvée. La recherche se complique au fil des tentatives car les solutions les plus évidentes sont rapidement éliminées. Il faut alors aller chercher des explications de plus en plus loin, qui peuvent correspondre à des manipulations de la console de plus en plus longues. Et à force

de réflexions et d'essais, le mixeur perd du temps, se fatigue, s'énerve et court le risque de s'isoler de son environnement.

Les consoles actuelles ont des capacités de travail toujours plus grandes, et l'installation virtuelle qu'elles représentent est de plus en plus condensée au sein de l'appareil. Les informations à la disposition des utilisateurs sont, de ce fait, de plus en plus nombreuses et le tri nécessaire au dépannage ou à l'évitement des erreurs devient d'autant plus compliqué. Il faut donc que les concepteurs choisissent une manière de les structurer et que l'opérateur puisse comprendre cette structure. Cette problématique d'ergonomie, même si elle est appliquée à des systèmes différents, est très bien expliquée par BACCINO, BELLINO et COLOMBI :

« [...] contrôler un processus de production par un système automatique nécessite également de se représenter mentalement son fonctionnement. Ces représentations du processus sont construites à partir de documents ou d'écrans qui ne donnent qu'une perception partielle et orientée de la réalité. Parcelle car tout dispositif de présentation de l'information ne peut afficher qu'une partie réduite des informations de la situation réelle (celles qui sont primordiales pour gérer le processus). Orientée car le choix de ces informations incombe au concepteur du système automatique. Il s'agit donc pour l'utilisateur de construire sa propre représentation du système malgré cette double contrainte, sachant que cette représentation guidera ses actions futures. »

BACCINO, BELLINO et COLOMBI, *op. cit.* (voir. n° 5), pp. 13–14

On peut alors dire que sans une prise en compte rapide de ses conditions de travail par les concepteurs, l'ingénieur du son court des risques croissants de se perdre lors des phases inévitables de résolution de problèmes. Et la mise en place de systèmes d'aide dynamique nous semble, dans l'idée, difficile à appliquer car le champ des problèmes possibles est gigantesque et parfois indépendant de la console ou du mixeur.

Il faut donc réfléchir à la façon dont les interfaces des consoles de mixage pourraient faciliter les dépannages. Nous avons pour cela besoin de considérer :

1. la quantité d'informations communiquées en même temps à l'utilisateur ;
2. la façon dont sont organisées ces informations au sein des écrans ou de l'interface ;
3. la navigation entre les différents écrans ;
4. la mise en relation de données similaires ou utiles à un même type de problème ;
5. la latitude donnée à l'utilisateur pour choisir les données qui l'intéressent
6. la relation entre les systèmes d'information et d'action ;
7. les moyens d'action discrets et accessibles à tout moment.

Toutes ces questions sont centrales car elles rendent compte d'un ensemble de processus permettant à l'utilisateur de mieux chercher une cause à son problème, de la trouver facilement et de vérifier si son idée est juste. C'est pour cela qu'elles doivent être au cœur des préoccupations des designers au moment de la conception.

Partie III

Tests de consoles

Après avoir cerné le profil et l'environnement des ingénieurs du son et après l'analyse et la décomposition précise de leur travail, l'étape suivante de notre démarche de conception a consisté à mettre à l'épreuve les modèles actuels selon ces critères. Cela est nécessaire afin d'avoir un aperçu aussi exact que possible des solutions existantes, de leurs points forts et de leurs inconvénients.

Nous avons pour cela conçu un protocole de test que nous avons appliqué sur quatre consoles différentes. Constitué à la fois de paramètres objectifs (temps, nombre d'actions) et subjectifs (satisfaction, remarques), il allait permettre de mettre en lumière les principaux défauts des modèles numériques et de mettre en forme les idées de la conception à venir

III. 1 Objectifs

Avant même de construire un protocole, il nous a paru important de cerner ce que nous attendions de ces tests. En effet, un objectif évident s'est vite dessiné : voir ce qui existe pour éviter de concevoir quelque chose de déjà présent mais il semblait trop vague pour bâtir un protocole consistant. Il fallait également éviter de se baser uniquement sur des considérations personnelles (ce qui plaît ou non) : cela risquait de donner des conclusions peu intéressantes et contestables.

Après réflexion, nous nous sommes donnés les objectifs suivants : d'abord, analyser la réponse des consoles à des tâches données afin d'en cerner la philosophie de conception et les défauts associés. Cela passe notamment par la construction de critères aussi objectifs que possible pour être en capacité de comparer les résultats. Ensuite, de façon plus globale, nous allons essayer de déterminer ce qui fait la qualité du design d'une console, les facteurs qui influencent positivement son ergonomie. Il s'agit d'une réflexion plus subjective que la précédente, mais dans laquelle des données objectives pourraient appuyer certains arguments.

En combinant ces deux approches, il nous semble que nous pouvons mieux comprendre comment sont pensées les consoles et les conséquences de ces idées sur leur ergonomie.

III. 2 Construction du protocole

III. 2.1 Choix des tâches

Nous avons tout d'abord déterminé quelles étaient les tâches qui nous semblaient les plus représentatives du travail de l'ingénieur du son sur sa console de mixage. Pour cela, nous avons utilisé la liste des tâches décrites via l'analyse hiérarchique et choisies celles qui semblaient les plus propices en terme de manipulation de la console. Ce choix a également été guidé par mon ressenti négatif sur certaines tâches rencontrées en travaillant qu'il me paraissait judicieux de mettre à l'épreuve dans ces tests.

Au final, treize tâches ont été retenues :

1. Faire rentrer un signal micro dans la console, sans crosspatch¹

1. Pour faciliter son travail, l'ingénieur du son choisit souvent de router ses pistes « droites », c'est-à-dire la première piste du patch dans la tranche de console n°1, la deuxième dans la tranche n°2, etc. Dans le cas contraire, si il route la piste 8 dans la tranche 10 par exemple, on dit qu'il fait du crosspatch.

2. Faire rentrer un signal micro dans la console, avec crosspatch, si la démarche est différente de la précédente
3. Écouter au casque le son entrant dans une tranche audio
4. Mettre en place le circuit de talkback
5. Renommer une tranche et lui assigner une couleur
6. Déplacer une tranche à un endroit souhaité de l'interface
7. Faire sortir un signal micro vers le système principal
8. Égaliser le système de façade
9. Envoyer du son dans une enceinte de retour
10. Écouter au casque le son envoyé dans l'enceinte de retour
11. Égaliser le circuit de retour
12. Assigner un effet à un circuit auxiliaire
13. Mettre en place la sortie de l'effet sur une tranche audio

L'ordre de ces tâches a été déterminé à la fois pour être aussi représentatif que possible des conditions réelles et pour que leur produit puisse être réutilisé pour les tâches suivantes : le micro mis en place en tâche 1 est ainsi envoyé en façade en tâche 7 et vers les retours en tâche 9.

Toutes ces tâches sont ensuite décomposées, dans la mesure du possible², en sous-tâches décrivant pas à pas les procédures à effectuer sur la console. En plus de préciser les plans d'action au moment du test, cela permet d'insérer des manipulations supplémentaires. Ainsi, le son à écouter lors de la tâche 3 est un bruit blanc inséré sur une des tranches, alors qu'il n'est pas initialement nommé dans la liste.

2. Les tâches 6 et 12 demandaient *a priori* des procédures différentes selon les consoles, nous avons donc laissé la description vierge avant de la noter au moment du test.

III. 2.2 Critères d'évaluation

Critères objectifs

Afin de pouvoir comparer la « performance » de chaque console il a fallu déterminer des critères d'évaluation aussi objectifs que possible.

Le premier est, de façon évidente, le temps passé à accomplir la tâche. Il suffit de chronométrer le temps nécessaire à l'achèvement du travail demandé, sous-tâche par sous-tâche, pour avoir un aperçu de l'accessibilité des fonctions testées.

Mais une telle mesure est soumise à l'expérience du sujet sur la console : on met moins de temps à effectuer un travail connu qu'à le découvrir. Or, la découverte de l'objet est au cœur des préoccupations ergonomiques, car une trop grande complexité fait perdre beaucoup de temps au néo-utilisateur et impose une politique de formation au constructeur, s'il arrive à vendre.

Nous avons donc choisi de faire deux mesures à chaque sous-tâche :

- Le temps passé à apprendre la tâche, c'est-à-dire l'intervalle entre le moment où la recherche de la procédure de manipulation débute et le moment où la tâche est achevée. Cela comprend les phases de vérification. En cas d'erreur, le chronomètre redémarre quand elle est détectée, et s'arrête à sa résolution.
- Le temps passé à effectuer la tâche une fois qu'elle est connue. En cas d'erreur, le temps est remis à zéro et le sujet peut recommencer jusqu'à ce qu'il estime qu'il a fait du mieux qu'il pouvait.

Cela permet de rendre compte à la fois de la complexité initiale de la console et de ses qualités ergonomiques effectives.

Pour compléter l'aspect temporel, il paraissait important de comptabiliser le nombre d'actions nécessaires à l'accomplissement d'un travail. On peut en effet

imaginer qu'il existe des dispositions physiques plus ou moins pratiques obligeant l'utilisateur à passer plus ou moins de temps à effectuer un même nombre de gestes.

Pour cela, nous nous sommes inspirés des travaux de Frank et Lilian GILBRETH³ les ayant amené à définir formellement, en 1924, un ensemble de « mouvements » élémentaires qui, selon eux, pouvait s'appliquer à la réalisation de tous types de travaux. Ces mouvements, nommés « therbligs » (inverse phonétique de « Gilbreth ») sont au nombre de 18⁴ :

Rechercher (<i>Search</i>)	Utiliser (<i>Use</i>)
Trouver (<i>Find</i>)	Désassembler (<i>Disassemble</i>)
Sélectionner (<i>Select</i>)	Inspecter (<i>Inspect</i>)
Saisir (<i>Grasp</i>)	Pré-positionner (<i>Pre position</i>)
Tenir (<i>Hold</i>)	Relâcher chargement (<i>Release load</i>)
Déplacement chargé (<i>Transport loaded</i>)	Retard évitable (<i>Avoidable delay</i>)
Déplacement à vide (<i>Transport empty</i>)	Retard inévitable (<i>Unavoidable delay</i>)
Positionner (<i>Position</i>)	Planifier (<i>Plan</i>)
Assembler (<i>Assemble</i>)	Se reposer contre la fatigue (<i>Rest to overcome fatigue</i>)

FIGURE III.1 – Les 18 therbligs

L'idée des chercheurs est que chaque travail peut être décomposé en une séquence de therbligs, permettant ainsi de repérer des séquences inefficaces afin de les corriger. Nous allons ici l'utiliser d'un point de vue plus neutre en comptant, lors de la découverte puis de la réalisation de la tâche connue, le nombre de therbligs utilisés par le sujet. Pour compléter ce modèle, j'ai voulu ajouter le therblig « Taper un écran tactile », car il n'y avait pas d'équivalent parmi ceux proposés plus haut.

3. GILBRETH, FRANK et GILBRETH, LILIAN, « Classifying the elements of work ». *Management and administration*, vol. 8, 2, 1924.

4. C'est en tout cas le nombre semblant faire consensus aujourd'hui, il n'y en avait que 15 lors des premières publications. [FERGUSON, DAVID, « Therbligs : The Keys to Simplifying Work ». *The Gilbreth Network*, 2000 (URL: <http://gilbrethnetwork.tripod.com/therbligs.html>)]

On remarque toutefois, au travers des exemples qui sont cités dans ces études (travaux d'usine, se raser, ...), que cette méthode semble particulièrement bien s'appliquer à des travaux routiniers. Il est possible qu'elle soit limitée pour parler des tâches de décisions que doit effectuer un mixeur.

En plus de ces mesures chiffrées, chaque tâche était accompagnée d'une ou plusieurs questions rapides sur le design de l'interface (« Où se situe la prise casque », « Sur quel bouton faut il appuyer pour écouter une tranche », etc.) afin de cibler rapidement des différences entre les constructeurs.

Critères subjectifs

L'usage de critères subjectifs répond à deux nécessités. La première est de juger, de façon personnelle, la qualité d'une réponse ergonomique puisque des décisions devront être prises au moment de la conception. Il faut donc savoir en regardant les modèles ce qui plaît ou non à l'utilisateur lorsqu'il travaille. D'autre part, comprendre plus globalement la qualité d'une console passe beaucoup par le ressenti de l'utilisateur, et nous avons à cœur de cerner ces qualités générales pour que notre futur modèle y réponde.

Pour pouvoir traiter aisément toutes ces données, il fallait chercher des moyens plus précis qu'une simple demande d'avis ou de remarques à la fin de chaque tâche.

Dans ce but, nous nous sommes intéressés à l'*utilisabilité*, telle qu'elle est définie dans la norme ISO 9241-11⁵. Cette notion, sensée rendre compte du « niveau de facilité avec lequel un utilisateur emploie un produit informatique (logiciel, site, page d'accueil) pour réaliser une activité précise »⁶ est basée sur l'évaluation de trois critères :

5. *Ergonomie de l'interaction homme-système – Partie 210 : Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs*, Norme ISO 9241-210 :2010.

6. BACCINO, BELLINO et COLOMBI, *op. cit.* (voir. n° 5), pp.15–16.

- l'efficacité, qui montre la capacité de l'outil à réaliser les objectifs de l'opérateur ;
- l'efficience, qui « rend compte (...) des processus cognitifs impliqués dans la réalisation de la tâche et de la quantité de ressources cognitives mobilisées à cette fin »⁷ ;
- la satisfaction, qui montre le plaisir et l'intérêt de l'opérateur associés à la tâche réalisée.

La norme préconise également les façons les plus adéquates d'évaluer ces critères selon les facteurs que l'on veut tester :

	Mesures d'utilisabilité		
	Efficacité	Efficience	Satisfaction
Adéquation à la tâche	% de buts atteints	Temps pour réaliser la tâche	Échelle de jugement de satisfaction
Approprié pour l'utilisateur entraîné	Nombre de fonctions importantes utilisées	Efficacité relative comparée à un expert	Échelle de jugement de satisfaction
« Apprenabilité »	% de fonctions apprises	Temps d'apprentissage	Échelle de jugement de la facilité d'utilisation
Tolérance à l'erreur	% d'erreurs corrigées	Temps passé à corriger les erreurs	Échelle de jugement de la facilité de correction

FIGURE III.2 – Mesures de l'utilisabilité préconisées par la norme ISO 9241 (*d'après Baccino, Bellino et Colombi*)

Nos tests concernent principalement l'« adéquation » des consoles numériques à la tâche de l'ingénieur du son. Nous nous intéressons donc aux indications de la première ligne du tableau.

L'efficience est caractérisée par les mesures de temps précédemment conduites, son évaluation est donc déjà comprise dans le test.

7. BACCINO, BELLINO et COLOMBI, *op. cit.* (voir. n° 5), p. 21.

Les deux autres notions sont évaluées sur une échelle renseignée à la fin de la tâche par l'utilisateur.

L'efficacité est notée sur 4 :

1. : L'utilisateur n'est pas parvenu à réaliser le travail seul
2. : L'utilisateur a eu des difficultés, mais est tout de même parvenu à réaliser la tâche
3. : L'utilisateur a commis quelques erreurs.
4. : L'utilisateur n'a fait aucune erreur dans son travail.

La satisfaction est elle évaluée sur une échelle de Likert à 7 niveaux, où 1 correspond à une insatisfaction totale, et 7 à une totale satisfaction.

III. 2.3 Test des fonctions sonores courantes

Un problème de taille est apparu à la fin de l'élaboration du protocole : toutes les tâches sélectionnées appartiennent au moment de la préparation du concert. Elles sont effectivement les plus exigeantes en terme de manipulations sur la console, mais elles ne sont certainement pas les plus importantes au regard des utilisateurs. La console de mixage sert, avant tout, à mixer le son du concert. Même si toutes les commandes correspondantes ne sont pas au centre de nos interrogations, ne pas les évaluer serait manquer une part importante de l'ergonomie des consoles.

Pour autant, les tester selon le même protocole et les mêmes critères que les tâches de préparation ne serait pas pertinent. Ces commandes doivent pouvoir être utilisées efficacement n'importe quand, dans des situations de forte pression voire d'urgence (*cf* II. 1.4). On ne peut donc pas les évaluer au regard d'un temps d'apprentissage ou d'une satisfaction : il faut, simplement mais obligatoirement, qu'elles soient lisibles et rapides à actionner.

Pour s'approcher au mieux des conditions réelles, nous avons donc mis en place le protocole suivant. 19 tâches ont été sélectionnées, représentant autant que possible le spectre des travaux que l'ingénieur du son doit être en mesure de faire rapidement pendant le concert. Au moment du test (qui se produit après les tests des tâches de préparation, pour pouvoir bénéficier de tout ce qui a été mis en place), le sujet tire au hasard une de ces tâches, ainsi qu'un numéro de tranche audio lorsque la tâche le requiert. Dès qu'il a connaissance de ce qu'il doit faire, il doit exécuter le travail aussi vite que possible.

Quand il estime avoir fini (ce qui comprend donc des temps de vérification), le chronomètre s'arrête, le temps est noté, et on évalue le nombre de therbligs que le sujet a utilisés, y compris ceux mobilisés dans des actions inutiles. Si le sujet estime qu'il aurait pu être plus efficace, cette observation est notée dans une case spécifique. S'il s'avère qu'il s'est trompé dans la réalisation de la tâche, on n'ajoute aucune pénalité de temps, mais cette erreur est également mentionnée.

De ce fait, le travail est imprévisible et le sujet doit dans l'instant retrouver les manipulations nécessaires à sa réalisation. On peut donc se rendre compte de la manière dont la console est représentée dans son esprit et des éventuelles difficultés liées à cette représentation. Et de façon plus générale, cette méthode pourrait permettre de repérer des défauts évidents de design qui empêcheraient la bonne exécution de ces travaux.

III. 3 Conditions de réalisation

Dans un premier temps, je voulais pouvoir effectuer ces tests avec plusieurs consoles et un panel aussi large que possible d'utilisateurs. Chacun aurait eu à effectuer un ou plusieurs travaux en un temps limité et leur avis aurait été collecté à la fin. Mais un tel dispositif demandait des moyens matériels et humains hors de portée de ceux alloués à cette étude.

J'ai donc choisi, pour simplifier les démarches, d'effectuer les tests moi-même. Cela pose des problèmes évidents : il y a des consoles que je connais déjà, d'autres

moins, cela peut influencer les chiffres. Et étant à la fois sujet et évaluateur, les mesures sont moins exactes et potentiellement soumises à des différences d'une journée à l'autre. Pour simplifier ces mesures, je n'ai pas directement comptabilisé des therbligs mais des blocs fonctionnels composés parfois de plusieurs therbligs (nous allons tout de même conserver ce nom par la suite, pour simplifier). Par exemple, j'ai compté comme une seule action le fait de tourner un potentiomètre, alors qu'elle est constituée des therbligs « Saisir - Utiliser - Relâcher chargement ».

D'un autre côté, cette auto-évaluation permet de tester un maximum de choses en un minimum de temps et d'avoir, finalement, un profil d'utilisateur unique pour tous les tests, ce qui permet des meilleures comparaisons.

Les tests se sont déroulés en deux temps. Pendant trois jours, j'ai testé trois consoles au dépôt de la société de prestations *Dushow* à Roissy-en-Brie : une « SD9 » de *DiGiCo* (datée de 2010), une « Vi5000 » de *Soundcraft* (2015) et une « CL5 » de *Yamaha* (2012). Puis je me suis rendu dans les locaux de la société *Algam* dans le XI^e arrondissement de Paris pour tester le modèle « dLive S5000 » d'*Allen & Heath*⁸ (2015).

Pour chaque console ont été utilisés deux micros (un pour le talkback et un pour la « scène ») et deux enceintes (façade et retours). Les tests ont nécessité une journée par console.

8. Pour simplifier, nous allons par la suite appeler cette console « dLive », bien qu'il s'agisse du nom de la série, comportant donc plusieurs modèles jumeaux de tailles différentes : S3000, S5000 et S7000.



FIGURE III.3 – Console « SD9 » de *DiGiCo*



FIGURE III.4 – Console « Vi5000 » de *Soundcraft*



FIGURE III.5 – Console « CL5 » de *Yamaha*



FIGURE III.6 – Console « dLive S5000 » d'*Allen & Heath*

III. 4 Résultats

III. 4.1 Déroulement des tests et ajustements

De façon générale, les tests se sont bien déroulés sur l'ensemble des consoles. À quelques exceptions près, toutes les tâches ont pu être réalisées et évaluées entre elles. Quelques ajustements au protocole ont été nécessaires, concernant notamment l'ordre d'exécution des tâches : les travaux de mise en place des retours (tâches 9 et 10) ont été placés avant celle concernant le talkback (4), car ce dernier doit sortir dans ces retours.

J'ai également constaté que comptabiliser les actions élémentaires lors de la découverte des tâches était fastidieux et n'avait pas beaucoup de sens. Ces recherches peuvent être très longues (un maximum de 33 minutes a été observé) et nombre d'actions sont inutiles, hors de propos avec la tâche, sans parler du temps passé à juste réfléchir à la façon de procéder. Elle n'ont donc plus été comptées à ce moment. En revanche, elles ont bien été recensées au moment de la réalisation de la tâche connue.

Le panel de consoles était très intéressant car il concernait quatre modèles présents actuellement sur le marché. Du point de vue de mon expérience, il y en avait deux totalement inconnues (la « Vi5000 » et la « dLive »), une inconnue mais dont j'ai déjà utilisé un modèle cousin (la « SD9 », j'ai utilisé la « SD10 ») et une sur laquelle j'avais déjà travaillé (la « CL5 »). Si les mesures de temps d'apprentissage sont forcément réduits sur ces deux dernières consoles, il a été intéressant de comparer l'ensemble des résultats au regard de cette expérience différentes.

III. 4.2 Résultats chiffrés

Les chiffres obtenus, visibles en annexe E, n'ont pas vocation à constituer une étude objective, tant ces tests se sont conduits dans des conditions non propices à cet exercice (effectués par moi-même, avec un petit chronomètre et en comptant approximativement le nombre d'actions). En revanche, ils constituent une

bonne expérience comparative des différents types de consoles disponibles, et permettent d'apporter quelques éléments de réflexion.

Nous allons d'abord analyser les résultats obtenus pour les trois premières consoles, puis y insérer ceux de la console « dLive ».

Rapport entre temps d'apprentissage et temps d'action

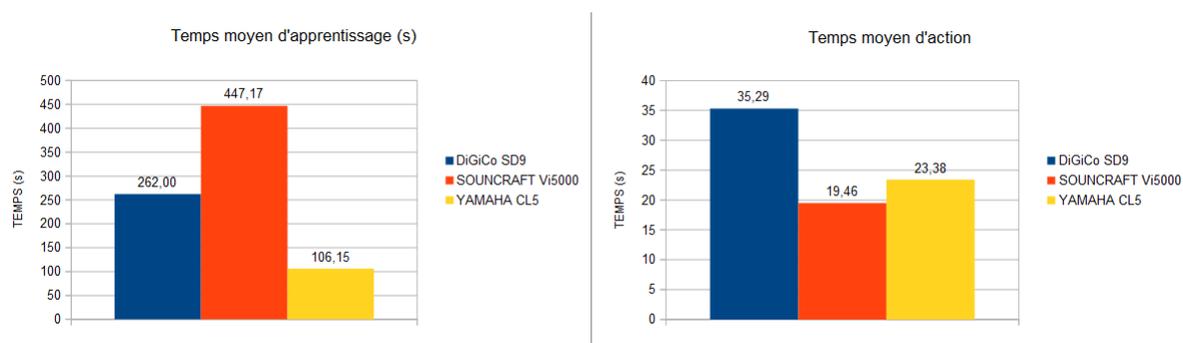


FIGURE III.7 – Temps moyen d'apprentissage et d'action pour les trois premières consoles

On peut remarquer que sur la « Vi5000 », le temps d'apprentissage est inversement proportionnel au temps d'action. Cela s'explique en grande partie par sa conception d'interface. La « Vi5000 » est une console ayant une accessibilité remarquable : chaque fonction peut être utilisée rapidement grâce à la présence de très nombreux boutons sur l'interface et à une structure d'écran tactile⁹ très claire.

Mais cette accessibilité, qui semble être la clé de voûte de l'ergonomie des consoles de concert, se fait aux dépens de la lisibilité : la console est chargée en contrôleurs et en informations visuelles. De ce fait, il est difficile de comprendre rapidement comment réaliser une tâche, vu que cela passe nécessairement par la découverte d'un contrôleur précis au milieu de tous les autres. La console est donc difficile à apprendre.

9. Manière dont sont pensées les différentes sections cliquables des écrans et la navigation entre les différentes pages possibles.

Sur un plan plus empirique, cette interface a eu des conséquences inattendues sur mon comportement au cours de la journée de test. Plus le temps avançait, plus j'ai rencontré de difficultés à appréhender de nouvelles fonctions car les recherches me fatiguaient et les solutions précédemment apprises semblaient prendre trop de place dans mon esprit. Il serait intéressant de voir si ce ressenti est généralisable, c'est-à-dire si les interfaces ressenties comme compliquées fatiguent visiblement l'utilisateur.

Pour ce qui est des autres consoles, on remarque que la plus longue à utiliser est la « SD9 ». Elle est également la deuxième plus longue à apprendre et l'on peut supposer que ce chiffre serait bien plus élevé si je n'avais pas connu d'autres consoles du même constructeur partageant les mêmes fonctionnalités. Les explications semblent plus diverses, mais on peut incriminer le manque de lisibilité de l'interface physique (boutons identiques, peu de couleurs) et les structures d'écran compliquées (menus de configuration inaccessibles tant que l'écran de suivi des tranches n'est pas fermé).

Rapport entre efficacité et temps d'apprentissage

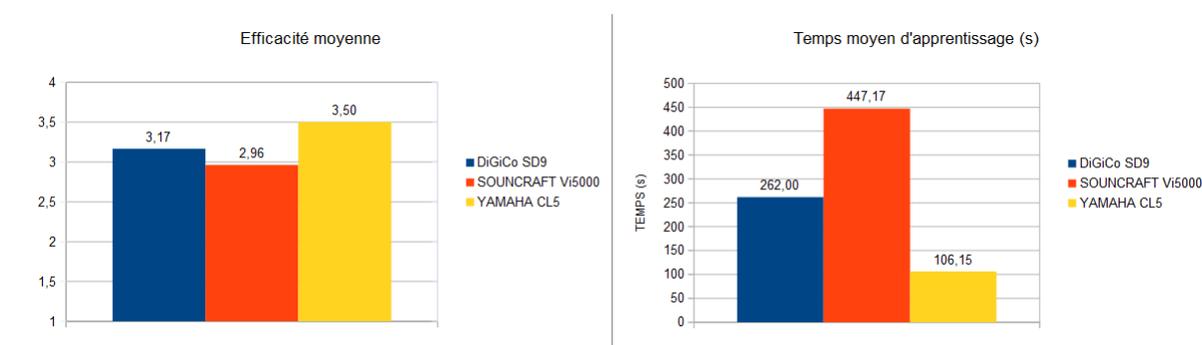


FIGURE III.8 – Efficacité moyenne et temps moyen d'apprentissage pour les trois premières consoles

On peut voir sur ces graphes que les consoles testées ne provoquent pas beau-

coup d'erreurs de la part de l'utilisateur. Elles sont donc globalement adaptées au travail demandé. Mais elles en provoquent d'autant plus que l'opérateur a eu du mal à apprendre leur fonctionnement. Cela tend à montrer que le taux d'erreur est lié à la complexité de l'interface, ce qui n'est pas surprenant.

Vitesse d'exécution

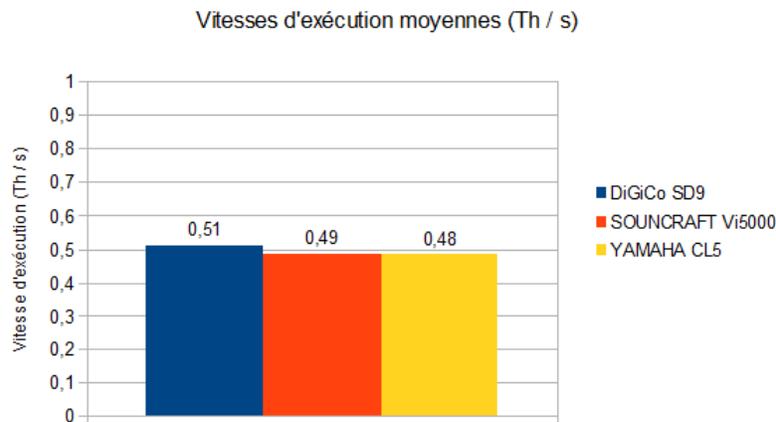


FIGURE III.9 – Vitesses d'exécution moyennes des trois premières consoles

Chaque console présente une vitesse d'exécution d'environ 0.5 therbligs par seconde (calculée comme le quotient du nombre total d'actions sur le temps d'action total). Il n'y a donc pas de différences notables sur ce point.

Rapport entre temps d'action et satisfaction

La satisfaction a été évaluée après chaque tâche et ne reposait que sur mon ressenti du travail achevé (« Tout cela était-il plaisant à faire ? »). Pourtant, on voit sur la figure III.10 qu'il semble exister un lien direct avec le temps d'action. Et

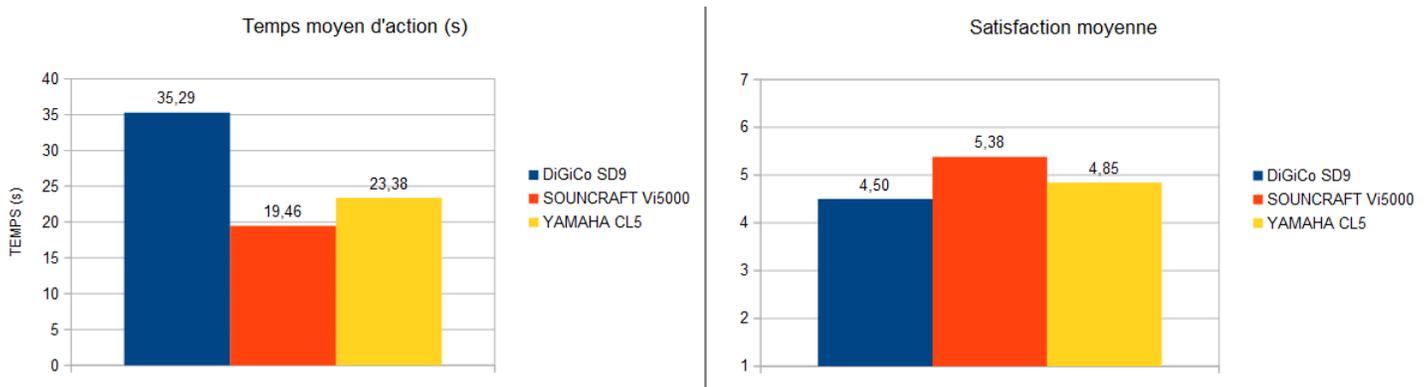


FIGURE III.10 – Temps moyen d’action et satisfaction moyenne pour les trois premières consoles

de fait, il paraît évident qu’une action rapide à réaliser est plus plaisante qu’une action compliquée.

Néanmoins, il existe d’autres facteurs pouvant influencer cette satisfaction. Notre protocole ne tient par exemple pas compte de la perception esthétique de l’interface. Or une interface claire et bien présentée peut à la fois augmenter le plaisir ressenti à travailler et la rapidité d’exécution¹⁰. Nous ne pouvons donc pas tirer de conclusions immédiates sur la question, mais on peut supposer que perception esthétique, satisfaction et rapidité jouent un rôle voisin dans l’utilisabilité des consoles.

Le cas « dLive »

Lorsqu’on ajoute les résultats de la console « dLive » aux résultats précédents (ce qui s’est chronologiquement produit au cours de l’étude, figures III.11 et III.12), il est étonnant de constater qu’elle semble la meilleure dans tous les critères d’évaluation. Parmi ces résultats, les plus marquants sont sa vitesse d’exécution significativement plus rapide (environ 0,6 therbligs par seconde, au lieu de 0,5, soit 20 % d’augmentation) et le fait qu’elle ait été plus rapide à apprendre et à utiliser que

10. Par opposition à une interface « fouillis » à la fois peu agréable à regarder et à manipuler.

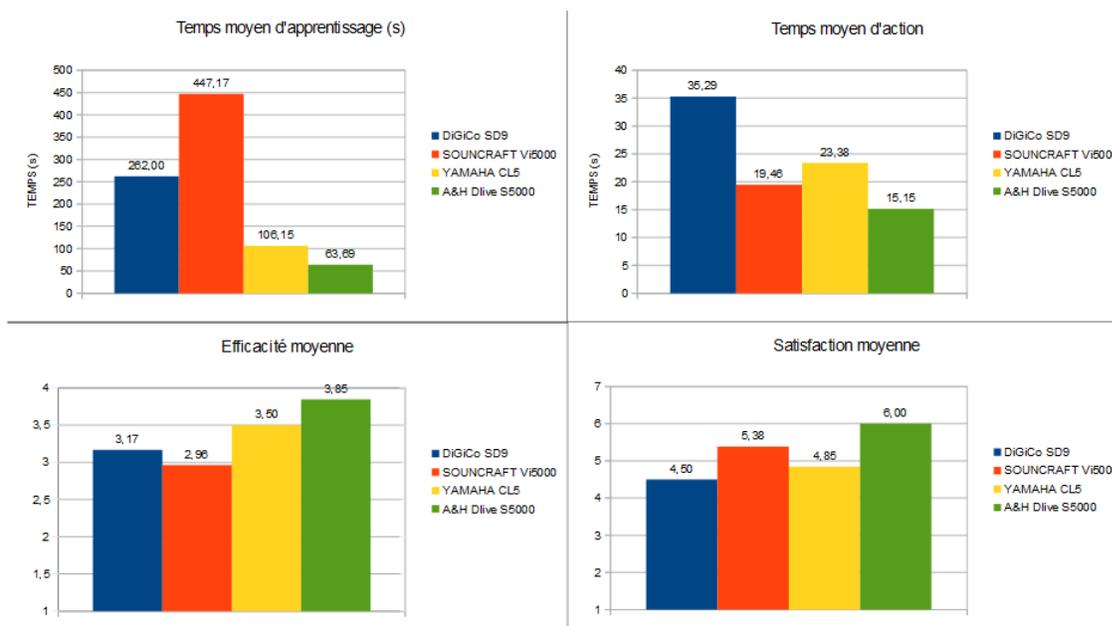


FIGURE III.11 – Résultats des tests pour l'ensemble des consoles

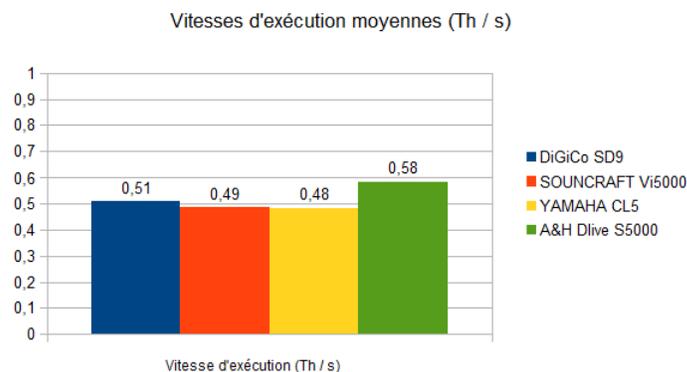


FIGURE III.12 – Vitesses d'exécution comprenant la « dLive »

la « CL5 », déjà expérimentée en concert, alors que je n'ai reçu qu'une formation de quarante minutes la présentant dans les grandes lignes avant de commencer.

Mais malgré la clarté de ces chiffres et la satisfaction à y travailler qu'ils représentent bien, il ne s'en dégage pas immédiatement d'explication générale. Les

qualités de la console semblent, dans l’immédiat, être le fruit d’un ensemble de choix de design judicieux et d’une bonne exploitation des moyens matériels pour répondre à des problèmes ergonomiques. Pour donner un exemple, voici quelques points marquants que l’on peut observer sur cette image :



FIGURE III.13 – Zoom sur la zone de l’écran de réglage son de la « dLive S5000 »

- Les potentiomètres rotatifs sont disposés tout autour de l’écran, en face du paramètre qu’ils contrôlent et parfois liés avec eux par un trait.
- Les secteurs dessinés sur la surface physique prolongent l’écran pour indiquer leurs fonctions et délimitent des zones pour les différencier.
- Les potentiomètres sont plus gros que sur d’autres consoles, parfois disposés de façon asymétrique (EQ, en bas) et disposent au centre d’un gros point de couleur reprenant la couleur de leur paramètre sur l’écran. Cela

- leur donne un aspect très ludique.
- Les couleurs utilisées sur l'ensemble de l'interface (écrans et contrôleurs) sont cohérentes, distinguables sans être agressives et agréables à regarder.
 - Il existe, dans chaque secteur représentant un traitement, un bouton direct de *bypass*¹¹ et, s'il y a amplification possible, une DEL rouge indiquant que le signal sature dans ce traitement.
 - Les secteurs des côtés de l'écran où sont représentés les réglages courants (Entrée, filtres, EQ, compresseur, gate) restent visibles en permanence, la navigation ne se faisant qu'au centre¹².
 - Le bouton « Listen » (à droite dans le petit secteur sous l'insert, à gauche de la surface) permet d'écouter n'importe quel point de la chaîne sonore des pistes représentées à l'écran. Il suffit de cliquer sur une des nombreuses icônes « casque » recouvrant les traitements visibles à l'écran pour écouter la sortie de ce traitement.

À l'aune de ces quelques réflexions, on peut remarquer qu'il y a peu de fonctions nouvelles. Au contraire, le design de cette console semble s'être orienté vers une clarification et une hiérarchisation des fonctions et informations existantes. Plutôt que de proposer un maximum de fonctions immédiatement accessibles, les constructeurs ont fait le choix d'en présenter moins, mais de façon plus ludique, prenant en quelque sorte le contre-pied de ce qui a été observé sur la « Vi5000 ». Et cela semble bien fonctionner. Cela nous encourage donc dans notre volonté d'améliorer la présentation et l'organisation des systèmes d'informations sur les interfaces des consoles de mixage.

Tests des fonctions courantes

Ces tests rapides se sont bien déroulés et toutes les tâches ont été correctement réalisées. Néanmoins, le fait d'effectuer seul des tests simulant l'urgence a

11. Fonction permettant de retirer le paramètre auquel elle est attachée de la chaîne sonore (*bypass*, passe à-côté.). On l'utilise pour retirer rapidement un traitement inutile ou, en alternant entre actif et inactif, pour juger de l'efficacité d'un réglage.

12. La navigation est ici limitée aux différentes fonctions sonores, il y a un second écran consacré à la configuration au centre de la console.

entraîné un manque d'exactitude dans les données chiffrées récoltées (visibles en annexe F) et on peut considérer que les marges d'erreurs sont importantes.

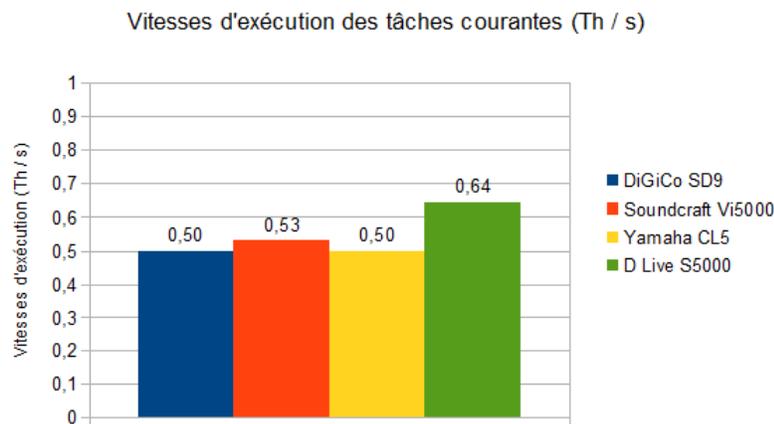


FIGURE III.14 – Vitesses d'exécution moyennes des fonctions courantes

Tout d'abord, il est surprenant de constater que les vitesses d'exécution des tâches courantes sont quasiment identiques à celles déduites des tâches de préparation. Ceci est particulièrement étonnant car la contrainte donnée de faire ces travaux le plus rapidement possible aurait pu entraîner une augmentation de cette vitesse.

L'explication vient peut-être d'une constatation empirique. Après avoir découvert la tâche et lancé le chronomètre, il me fallait presque toujours un petit laps de temps d'une à deux secondes avant de manipuler la console. Ce temps, souvent vide de réflexion, n'était pas occupé à échafauder consciemment un plan précis ou à se rappeler du début du travail : quand cela arrivait, cela prenait plus de temps.

Je pense qu'il était consacré à un tri inconscient entre toutes les possibilités d'action pour ne conserver que celle que j'allais effectuer. En effet, la vitesse de travail après cet instant était souvent un peu plus élevée que lors des tests précédents et les manipulations se faisaient presque sans réfléchir. De ce fait, l'action plus efficace se faisant après un moment de réflexion, par essence inefficace, les deux se compensent et on retrouve une vitesse d'exécution fixe.

Une nouvelle expérimentation serait intéressante pour voir si la vitesse d'exécution moyenne sur une console est bien une valeur fixe. Auquel cas, cela montrerait qu'un design ergonomique peut faire gagner du temps dans toutes les étapes du travail et qu'il est dans l'intérêt de tous de s'y consacrer.

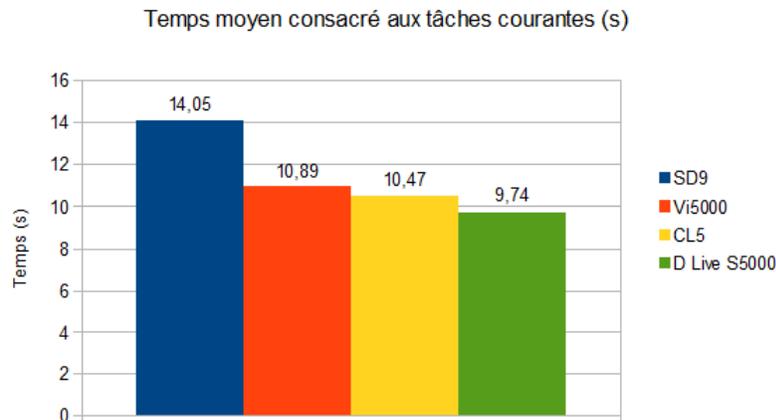


FIGURE III.15 – Temps d'action pour les fonctions courantes

On observe également que si trois consoles ont un temps d'action moyen aux alentours des 10 secondes (10,36 s de moyenne entre elles), celle de la « SD9 » se situe à 14 secondes. Cela s'est observé au moment du test, notamment parce que j'ai estimé avoir pu mieux faire le travail à 8 reprises sur 19 (42%) , contre, respectivement, 5, 3 et 3 pour les autres consoles. Ce point est d'autant plus marquant que ces « détours » étaient quasi-immédiatement regrettés, ne venant donc pas d'une simple ignorance de la meilleure manipulation.

Dans l'urgence, le fait de ne pas travailler de la meilleure des façons offertes par le design de la console montre que l'opérateur a oublié momentanément certaines des solutions proposées. En soi, il s'agit d'un phénomène inévitable car la conception inconsciente des manipulations à effectuer dans l'urgence (comme vu précédemment) est influencée par l'expérience de l'opérateur. S'il s'est habitué à un type de manipulations sur une console, il peut vouloir le reproduire sur un

modèle qui ne l'utilise pas. D'ailleurs, le fait d'avoir plusieurs manipulations possibles pour un même paramètre¹³ laisse une certaine liberté à l'utilisateur, ce qui n'est pas une mauvaise chose.

Le problème vient des proportions que peuvent avoir de telles erreurs de représentation dans la durée. En extrapolant nos mesures, on trouve qu'en moyenne, l'utilisateur de la « SD9 » travaille 43 secondes de plus que l'utilisateur de la « dLive » toutes les 10 tâches, ce qui est considérable¹⁴. Et ce cas n'est pas extrême : il suffit qu'une habitude soit particulièrement ancrée dans l'esprit de l'opérateur pour qu'elle lui fasse perdre du temps sur la durée.

Il s'agit donc d'une problématique centrale au moment de la conception de la console : comment faire en sorte qu'un maximum d'utilisateurs puisse reproduire la meilleure des manipulations conçues pour chaque situation ? Cela nécessite principalement d'avoir une interface et une navigation aussi claires que possible pour, à la fois, pouvoir retenir rapidement les manipulations de base et les reproduire sans réfléchir, et pour éventuellement rediriger l'opérateur vers le meilleur chemin s'il fait un détour.

En plus de cela, comme nous l'avons vu plus haut, une interface lisible sera potentiellement plus facile à apprendre qu'une interface basée sur l'accessibilité¹⁵, elle provoquera moins d'erreurs et sera plus agréable à utiliser pour l'opérateur. Il semble donc au regard de ces résultats que le design d'interfaces de consoles numériques doive plus se pencher sur l'aspect lisibilité et compréhension par l'opérateur que sur la mise à disposition immédiate d'un maximum de paramètres.

Par ailleurs, ces expériences légitiment notre démarche de design centré sur

13. Interface physique et écrans sont souvent complémentaires (hors des fonctions sonores) car l'interface physique joue le rôle d'une banque de raccourcis pour certaines fonctions. On retrouve cette idée dans le principe des *User Defined Keys*, ces boutons poussoir génériques que l'utilisateur peut assigner à n'importe quel usage.

14. En sachant que j'avais déjà travaillé sur des consoles semblables, on peut envisager que cette différence aurait été plus élevée si j'avais été novice sur les consoles *DiGiCo*.

15. Une combinaison des deux facteurs est bien entendu possible, mais ces deux notions sont *a priori* opposées : plus il y a d'accès directs aux fonctions et plus l'interface devient chargée, donc difficile à lire.

l'utilisateur car la compréhension et la lecture d'une interface ne peuvent être présagées sur le papier. Il faut nécessairement tester les prototypes dans des conditions proches de la réalité pour pouvoir corriger les défauts et proposer de nouveaux modèles jusqu'à une pleine satisfaction.

III. 4.3 Résultats généraux

Limites de la personnalisation

Le fait d'avoir testé quatre consoles de quatre constructeurs différents a permis de mieux comprendre quels étaient les attributs d'ergonomie communs à toutes les consoles numériques qui complètent les attributs fonctionnels présentés en section I. 5.2. Parmi eux, on retrouve beaucoup d'attributs concernant la plasticité de l'interface : la mise à disposition pour l'utilisateur, selon des degrés divers, d'une certaine liberté pour remodeler la surface de travail à sa guise. Sur toutes les consoles testées, ces modifications se font par rapport à une situation de base présente à chaque ouverture de session. En plus des emplacements des différentes pistes sur les tranches physiques, on retrouve souvent des routings par défaut et l'activation de certains paramètres sur des pistes où ils sont souvent utilisés, rendant le système immédiatement utilisable (conception « Plug & Play »).

Si cette plasticité est un principe central de la technologie numérique, sa mise en œuvre peut parfois se révéler incomplète, voire discutable. Dans le cas des déplacements des tranches sur la surface par exemple, il existe deux mécanismes principaux ayant chacun un défaut notoire.

On peut laisser à l'utilisateur la possibilité de placer n'importe quelle piste à n'importe quel endroit de la surface en remplaçant au besoin des tranches déjà occupées par défaut (« SD9 » et « dLive »). Si cela permet de personnaliser facilement, on peut faire disparaître des pistes toujours actives par erreur et une mauvaise modification des couches de base peut entraîner des problèmes de lecture en cas d'urgence.

Le deuxième principe se retrouve sur la « CL5 » et la « Vi5000 » et consiste à

laisser des couches entières vierges que l'opérateur peut remplir avec les pistes qu'il souhaite. La configuration de base reste toujours présente et ne peut être modifiée qu'à la marge. Le risque d'erreurs est diminué, mais ces couches nouvelles peuvent prendre du temps à installer si le mécanisme d'attribution est trop compliqué, ce qui est le cas sur les deux consoles testées. En plus de cela, l'utilisateur en recherche d'un problème peut avoir à jongler entre deux conceptions différentes (la sienne et la base) rendant la situation inconfortable.

Une autre question problématique concerne l'attribution au choix de couleurs aux différentes pistes. Pour des raisons de lisibilité, chaque console associe par défaut une couleur à chaque type de piste (piste audio, auxiliaire, master, groupe, ...). Quand l'utilisateur modifie une de ces couleurs, il peut indirectement briser le code de base et perdre le mécanisme d'identification qui a été mis en place. Il court ainsi le risque de ne plus pouvoir retrouver rapidement un type de piste en situation d'urgence, alors que c'est précisément pour faciliter l'identification rapide qu'il a choisi une couleur différente.

On peut conclure de toutes ces remarques qu'une personnalisation de console numérique non maîtrisée peut avoir des conséquences certaines sur la qualité du travail futur. Comme cette maîtrise passe à la fois par la connaissance de l'outil, du spectacle du jour et du métier, elle est difficilement à portée d'un individu manquant de repères sur l'un ou l'autre de ces secteurs. Cette situation se produisant très souvent, il me semble préférable de mettre l'accent au moment de la conception sur la qualité des dispositions par défaut plutôt que sur les mécanismes de personnalisation.

Rôle des écrans principaux

Au cours de ces tests, nous avons constaté le rôle prépondérant des écrans principaux dans le travail sur les consoles. En plus de contenir la quasi-intégralité des commandes et informations de configuration, ils s'avèrent parfois indispen-

sables pour accéder aux fonctions de mixage de base¹⁶ et, plus globalement, aux fonctions non représentées sur la surface physique.

Mais que ce soit sur les consoles de mixage ou dans les systèmes sans interface physique qui se développent de plus en plus, les écrans posent un problème fondamental en concert. L'ingénieur du son chargé de la façade et des retours doit porter en permanence une grande attention à ce qu'il se passe sur la scène, que ce soit pour anticiper un changement, repérer un problème ou répondre aux signes que lui adressent les musiciens (voir section I. 3.2).

Or, le fait de devoir accéder à une fonction uniquement disponible sur écran l'oblige à déporter son attention vers sa console. Il est d'ailleurs très difficile d'apprendre à s'en passer car l'écran ne dispose intrinsèquement pas de repères immédiatement reconnaissables au toucher, au contraire d'une interface physique.

De plus, les phénomènes de prédominance visuelle observés dans de nombreuses expériences mentionnées dans le mémoire de Laurent Corvisier¹⁷ peuvent entraîner une perte de l'attention consacrée à l'écoute lors de ces manipulations d'écran, surtout dans le cas d'une recherche difficile d'informations.

De ce fait, le mixeur se retrouve trop souvent obligé de porter son regard vers sa console pour pouvoir travailler. On peut ainsi affirmer, pour illustrer et compléter ces constatations, qu'il est impossible pour une personne aveugle de travailler sur une console numérique alors qu'elle le pouvait grâce aux nombreux repères haptiques présents sur les consoles analogiques. Cet excès de besoins visuels altère forcément l'attention auditive et l'attention aux autres indices visuels indispensables au bon exercice du métier.

Pour résoudre ces problèmes, on peut tenter de limiter le temps passé à regarder ces écrans en améliorant la lisibilité des interfaces ou en augmentant le nombre de contrôleurs physiques présents sur la surface pour éviter le recours

16. C'est le cas sur la « Vi5000 » où l'accès aux fonctions de mixage se fait grâce à un clic sur la zone correspondante sur l'écran.

17. CORVISIER, *op. cit.*, p. 23.

aux écrans. Il faut que ces contrôleurs soient également arrangés de façon convenable pour que le temps passé à ne pas regarder les écrans ne soit pas consacré à regarder l'interface physique.

III. 4.4 Problème global

Tous les résultats évoqués concernent des secteurs précis dans l'ergonomie et le design des consoles. À la sortie des tests, j'ai eu l'impression de manquer d'une vision plus générale sur ces équipements. Or, cette étude est basée sur l'impression, d'ailleurs confirmée par les professionnels qu'il existe un problème global avec les consoles numériques.

En prenant beaucoup de recul sur tous ces résultats, une problématique générale a fini par apparaître. Et elle trouve sa source, justement, dans cette appréciation fragmentée des travaux de mixage.

Proposons tout d'abord une métaphore pour clarifier cette idée. On peut apparenter le mixage du son à la conception d'un système hydraulique. Il s'agit d'organiser le trajet d'un ensemble de sources de liquide (les pistes audio) vers une ou plusieurs sorties de manière à créer à chaque sortie un mélange aussi cohérent que possible. L'ingénieur qui l'a conçu va dans ce but placer des unités de traitement pour bien mélanger les liquides entrants (les traitements audio) et va contrôler son travail en prélevant du liquide en chaque point (écoute au casque). La plomberie comporte également d'innombrables tuyaux de diffusion ou de redirection des flux pour pouvoir acheminer tous les liquides vers les bonnes sorties (routing).

Ces écoulements sont, par nature, des phénomènes *continus*. Chaque goutte suit un trajet sans interruption dans une chaîne de tuyaux qui a été définie par le concepteur du système et dont il peut prévoir chaque tuyau traversé en en faisant une carte détaillée.

Or, il se trouve que les consoles numériques présentent aujourd'hui leurs « écoulements de liquide » tuyau par tuyau, traitement par traitement. Pour une

piste audio par exemple, on peut trouver à différents endroits la provenance du signal, la façon dont il est traité, son niveau d'envoi dans la sortie générale ou dans les circuits auxiliaires. Mais il n'existe pas de moyen de visualiser ce trajet de façon continue et de travailler directement sur la chaîne sonore.

Cette notion de chaîne sonore est bien plus évidente sur une console analogique, car chaque tranche est effectivement le lieu de passage physique du signal. En passant au numérique, les constructeurs ont gardé les sections de sortie des tranches analogiques, mais ont réparti les autres réglages sur toute la surface ce qui a séparé la chaîne de base en un ensemble de réglages à la position possiblement interchangeable.



FIGURE III.16 – Comparaison du positionnement de fonctions identiques sur deux consoles analogique (« MG 206 C ») et numérique (« Rivage PM-10 ») de Yamaha

Le point le plus problématique de cette absence de logique continue concerne le trajet du signal. Il n'a jamais été visible en tant que tel sur les consoles analog-

giques, mais il est basé sur une logique très simple : les entrées et les traitements associés sont regroupés par tranches verticales, et les contrôleurs de niveau de sortie sont alignés de façon horizontale.

Les consoles numériques n'ont en revanche pas adopté de logique claire et commune sur cette question, à part la possibilité de régler tous les départs via les faders, mode dangereux s'il n'est pas enlevé rapidement. Il peut en particulier être compliqué de voir directement si le signal part dans un circuit précis car l'information doit être cherchée sur les écrans, souvent présentée au milieu d'un groupe d'autres envois auxiliaires. Les erreurs et oublis d'envoi sont donc fréquents et la recherche de solutions est fastidieuse.

C'est donc ce problème de continuité dans la perception des chemins de signaux que nous allons tenter de résoudre en concevant un prototype d'interface nouvelle.

Partie IV

Conception du prototype *AudioLink*

L'étape finale du travail a été consacrée au design et à la mise en application d'un prototype d'interface appelé *AudioLink* tentant de répondre au problème du manque de continuité que nous avons soulevé. Après la réflexion et la déduction du principe général, il a été mis en place grâce au logiciel *Max/MSP* (version « Max 7 »).

IV.1 Objectifs et réflexions préalables

L'objectif principal de ce design d'interface est de proposer à l'utilisateur une vision claire du chemin (virtuel) qu'emprunte le signal sonore qu'il manipule et de mettre en place des outils lui permettant d'agir directement sur ce chemin. Ainsi, on pourrait améliorer la vision du système lors des recherches de panne tout en allégeant globalement la charge cognitive du travail. Nous souhaitons placer cette visualisation au sein d'un écran tactile pour exploiter ses capacités d'information et d'action et se servir des procédés interactifs déjà présents, tout en les améliorant.

Il faut que ce prototype soit à la fois évident et confortable à utiliser pour être appris vite, efficace à l'utilisation tout en proposant un travail plaisant.

Pour pouvoir matérialiser cette idée, je me suis basé sur les moyens accompagnant les consoles analogiques qui représentent à mes yeux un point de départ solide sur la question de la présentation continue du signal.

L'organisation de l'ensemble des réglages par tranches est sa première qualité sur ce point, mais adopter cette logique constituerait un évitement des questions d'innovation au profit d'un simple retour en arrière. Il faut donc aller plus loin que cela.

L'autre facteur de continuité évidente des consoles analogiques se retrouve dans leurs synoptiques. Ces schémas électroniques, joints dans les manuels de chaque console, représentent l'ensemble des outils et des chemins que peut parcourir un signal, de son entrée à sa sortie.

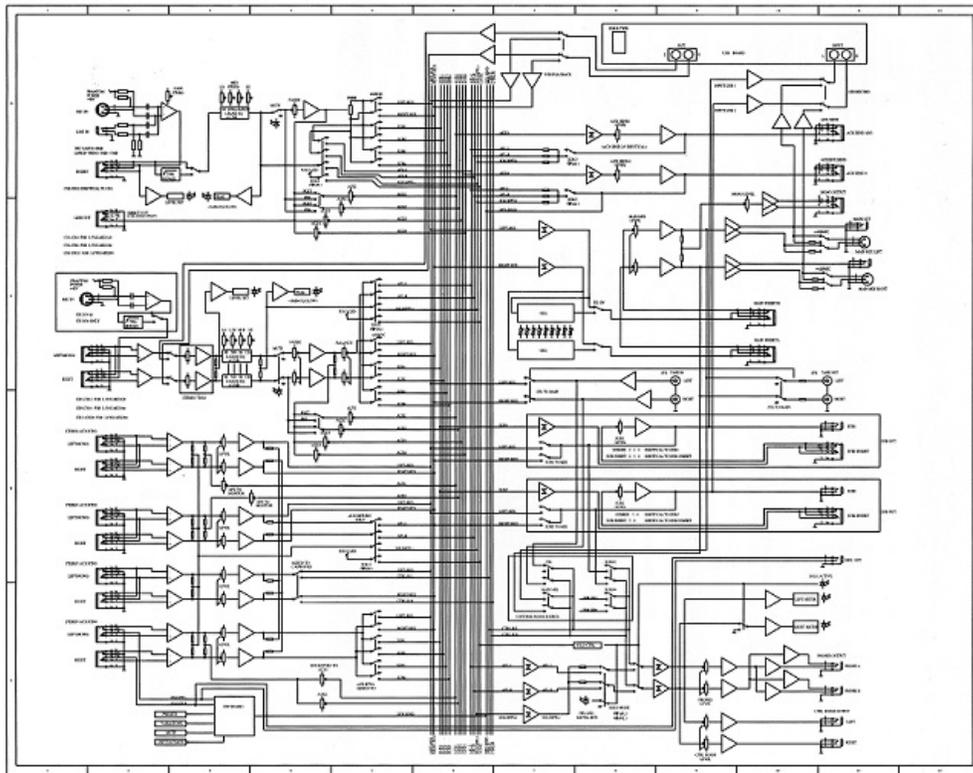


FIGURE IV.1 – Synoptique de la console « ZMX244FX » d'Alto

Si l'idée de présenter un synoptique à l'utilisateur pour l'aider à comprendre le chemin du signal est intéressante, elle se heurte à deux problèmes majeurs. Le premier d'entre eux concerne le nombre des pistes qu'il faudrait représenter. Les consoles numériques disposent aujourd'hui d'un nombre considérable de circuits disposant tous de moyens divers pour être reliés les uns aux autres (inserts, retours d'effets, groupes, ...). Il serait impossible de tous les représenter de façon lisible.

Le deuxième problème est justement celui de la lisibilité. Si l'on ne peut représenter tout le système en une seule fois, nous sommes bien obligés de le fractionner ce qui va contre le principe même de notre prototype. Pour pouvoir pallier à cette difficulté, la solution semble de mettre en place un système de navigation entre les différents écrans qui soit aussi intuitif que possible pour recréer une forme de continuité.

Une fois ce constat posé, il faut s'interroger sur les informations qui seront présentées. Sur les consoles actuelles, les principales caractéristiques du traitement du son dans les tranches¹ sont toujours visibles sur les écrans principaux, mais il y a des différences sur le nombre de tranches présentées. Il existe des visuels où toutes les tranches du bac sélectionné sont présentes quand d'autres ne contiennent que les informations d'une seule (cf fig. II.4)².

Pour choisir quelle option semble la meilleure, j'ai utilisé une observation personnelle à propos des tests. Les consoles où n'étaient présentées sur les écrans qu'une tranche à la fois étaient plus confortables à l'usage que celles en présentant plusieurs. Cela rejoint encore le principe de la lisibilité plus efficace que l'accessibilité et conforte au passage l'envie de ne pas reprendre la logique générale des consoles analogiques.

1. Gain du préamplificateur micro / Gain numérique / Alimentation fantôme / Déphasage / Retard / EQ paramétrique / Compresseur / Gate / Envois dans les auxiliaires / Pan / Niveau de sortie.

2. On parle ici des visuels principaux dont les réglages présentés sont liés à ceux de l'interface physique, donc destinés à l'usage courant. Toutes les consoles testées ayant des indications pour une seule tranche ont des outils permettant d'avoir des informations plus générales, mais ce ne sont pas ceux utilisés par défaut. On peut noter au passage que l'inverse n'est pas vrai...

Le prototype d'interface ne comprendra donc la visualisation que d'une seule tranche. Cela ne brise d'ailleurs pas la continuité recherchée car les tranches audio sont très rarement en relation entre elles : en présenter plus n'opérerait pas de liaison particulière.

IV. 2 Principe général d'AudioLink

L'interface que nous proposons est conçue comme une vue générale de l'état d'une tranche audio ou d'un circuit auxiliaire. Elle se propose d'améliorer ce type de visualisations existant déjà sur d'autres consoles qu'elle pourra remplacer. À ce titre, elle sera à la fois un outil d'information (visualisation de l'état de toutes les fonctions représentées), de navigation (cliquer sur un élément représenté renverra au menu spécifique de cet élément) et d'action sur le chemin du signal audio (insertion graphique des circuits auxiliaires et des effets).

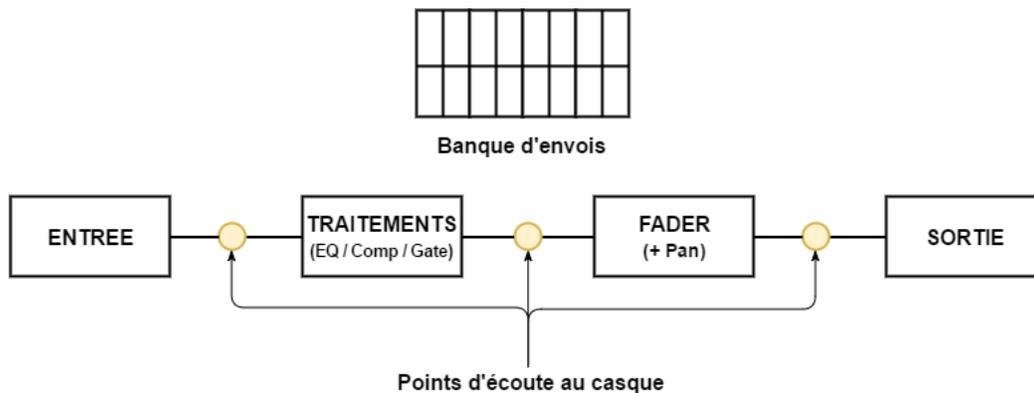


FIGURE IV.2 – État de base sur les pistes audio

Quand il sélectionne une piste audio, l'utilisateur a devant lui quatre blocs représentant les étapes basiques du signal : l'entrée, les traitements courants (EQ / Compresseur / Gate), le fader et la sortie. De l'information y est présentée de façon dynamique : un ajustement de paramètre via un menu spécifique (accessible en cliquant sur un paramètre) ou via les contrôleurs physiques de la console

modifie son image dans l'interface. L'utilisateur peut agrandir la fenêtre des traitements pour accéder à la chaîne sonore entre eux et échanger leur positionnement.

Les quatre blocs sont reliés entre eux par un fil comportant un bouton d'écoute du son qui y passe au casque.

Au dessus de cette chaîne d'éléments, on retrouve d'une fenêtre dans laquelle sont rangés les différents départs possibles : auxiliaires, bus d'effets, inserts. La fenêtre est divisée par type de circuits et l'utilisateur peut faire défiler chacune de ces sections pour retrouver les circuits qui ne sont pas accessibles.

Pour insérer un de ces départs, l'utilisateur clique dessus pour le « sortir de la fenêtre » et le glisse à l'intérieur de la chaîne sur le fil représentant le point d'où il veut faire partir le signal.

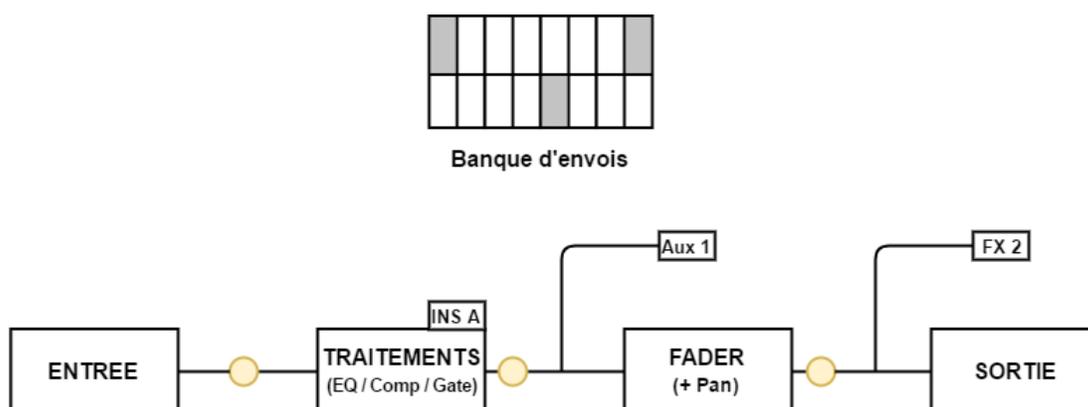


FIGURE IV.3 – Interface après insertion de circuits

Quand l'utilisateur a placé le départ, un fil sort de la chaîne vers un petit bloc reprenant le nom du circuit. Sur ce fil, on trouve un bouton on/off et un potentiomètre rotatif à course finie indiquant le niveau d'envoi dans le circuit. L'utili-

sateur a ainsi une vision et une manipulation graphique de la place des départs dans la chaîne sonore.

S'il y a un circuit inséré entre les traitements, son nom est signalé dans une petite boîte au-dessus du bloc, et on peut le retrouver en agrandissant la fenêtre.

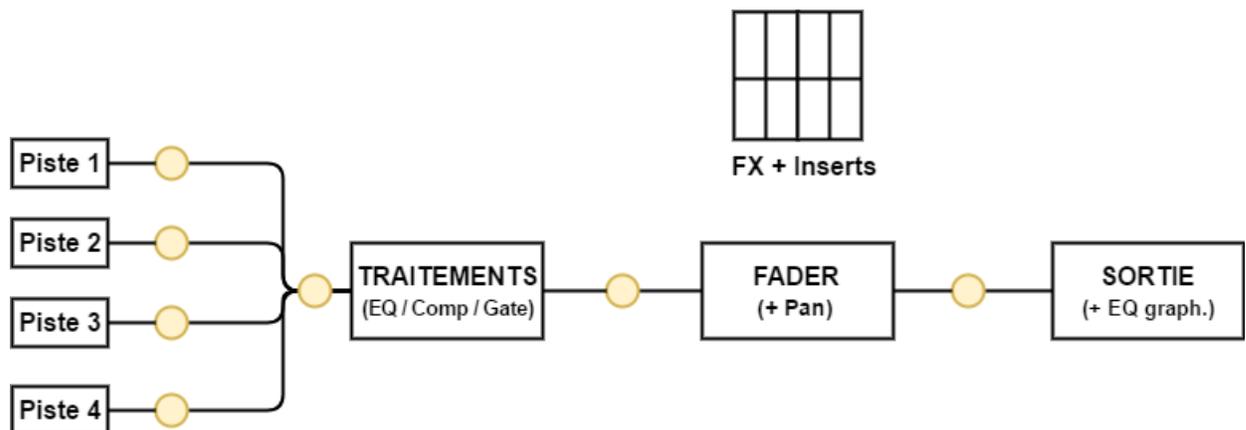


FIGURE IV.4 – Interface des circuits auxiliaires

Lorsque l'utilisateur clique sur le bloc représentant le circuit auxiliaire vers lequel est envoyé le signal, il est envoyé sur l'interface correspondant à ce circuit. On peut trouver à gauche l'ensemble des tranches entrant dans l'auxiliaire dont les branches comprennent les mêmes boutons de niveau d'envoi et de on/off que précédemment, ainsi qu'une écoute. En cliquant sur leur nom, il est renvoyé sur l'interface correspondant à ces tranches. De ce fait, l'utilisateur parcourt la chaîne sonore de circuit en circuit en cliquant sur les blocs représentant les arrivées ou départs du signal.

Dans la suite de la chaîne, les blocs de traitement et de fader sont les mêmes et le bloc de sortie comprend une représentation de l'égalisation graphique du circuit. L'utilisateur peut enfin insérer des effets internes (bus d'effets) ou externes (inserts) où il le souhaite selon la même logique qu'avant.

IV.3 Mise en œuvre

Une fois que ces idées ont été formulées, nous avons construit un prototype aussi interactif que possible afin de pouvoir tester ses principales fonctionnalités. Le principal écueil auquel nous avons été confrontés est qu'il était impossible, dans nos moyens à la fois matériels et temporels, de réaliser les points les plus novateurs de cette interface : l'insertion de circuits via des cliquer-glisser et le changement de fenêtre en cliquant sur les circuits insérés.

Le temps nous a néanmoins permis de mettre deux des visuels précédemment cités en œuvre.

IV.3.1 Maquettes papier

La première étape du développement de ce prototype a consisté à dessiner les différents visuels voulus. Cela permet de positionner les éléments souhaités et d'avoir une première idée de ce qui sera ou non réalisable en vrai.

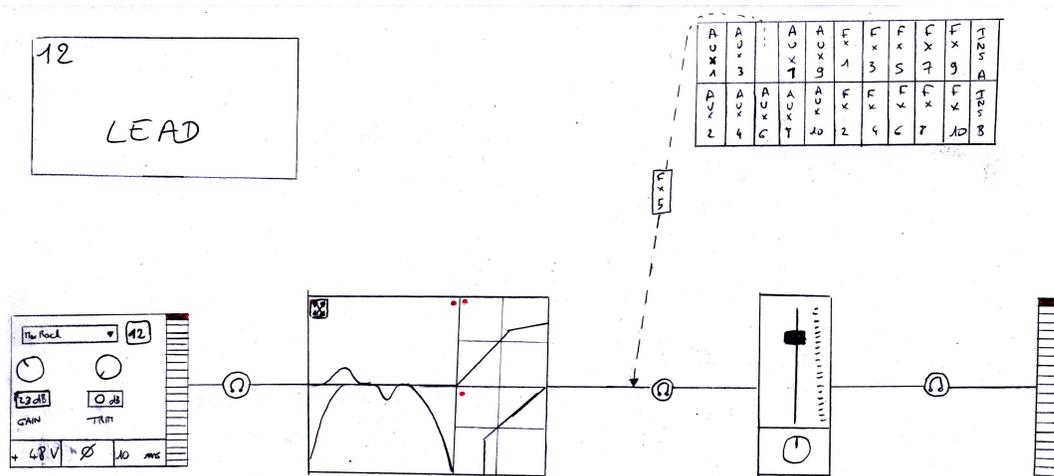


FIGURE IV.5 – Situation n°1 : Base

Le premier visuel dessiné a été celui correspondant à la figure IV.2. Il a principalement consisté à choisir et positionner les informations de base que l'utilisateur doit retrouver dans chaque bloc :

- Entrée : Entrée physique, Gain, Trim³, alimentation fantôme, déphasage, retard et indicateur de niveau.
- Traitements : une grande EQ paramétrique, deux petites fenêtres pour compresseur et gate. Chaque case dispose d'une petite balise rouge s'allumant en cas de saturation dans un des traitements. Il y a enfin une icône pour agrandir la fenêtre et montrer la chaîne.
- Fader : La reprise de la position du fader physique et un petit potentiomètre pour le panoramique
- Sortie : Un simple indicateur du niveau envoyé dans la sortie principale.

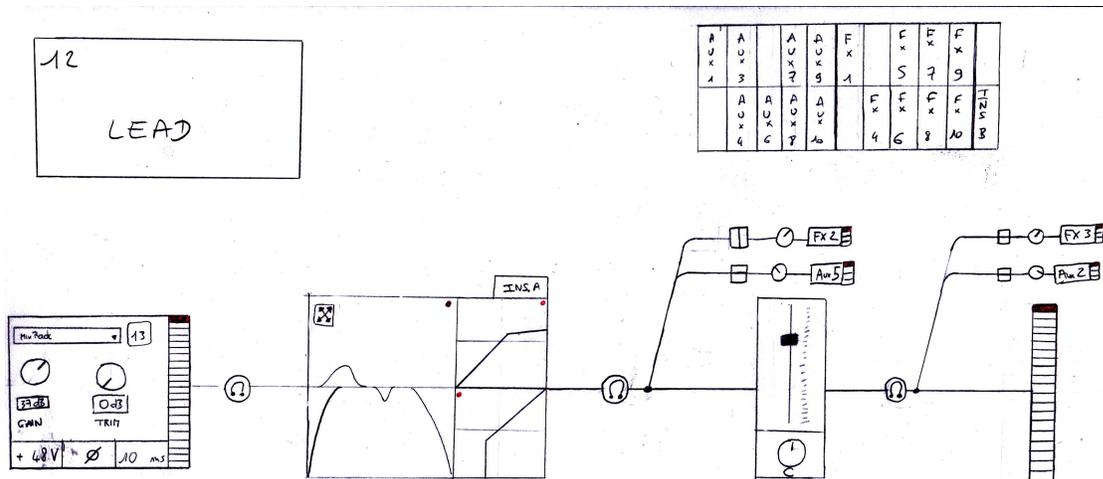


FIGURE IV.6 – Situation n°2 : Cinq circuits insérés dans la chaîne

Sur le deuxième dessin, on peut voir la situation lorsque cinq circuits ont été

3. Amplification apportée au signal numérisé, par opposition au « Gain » qui désigne l'amplification du signal analogique par le préamplificateur.

insérés dans la chaîne (dont un caché dans les traitements, indiqué au dessus du bloc). Ces circuits sont absents de la banque car on ne peut pas insérer deux fois le même circuit à deux endroits de la chaîne. On y retrouve également les boutons on/off, sous la forme de traits qui sont soit dans la continuité du fil (on), soit perpendiculaires (off).

On peut déjà remarquer des problèmes d'échelle entre la taille des éléments de base et ceux présents sur les départs. La question devra être traitée à la conception graphique.

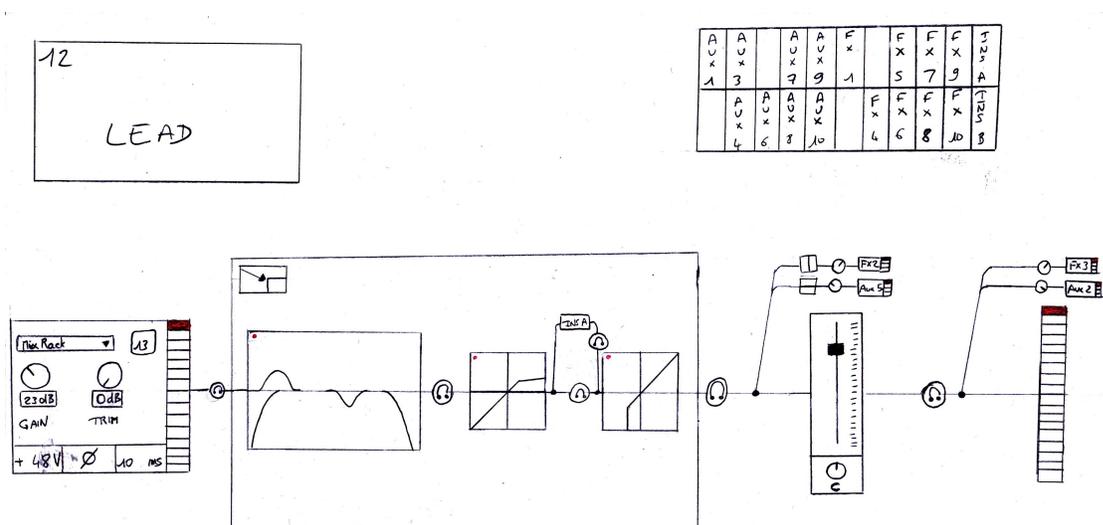


FIGURE IV.7 – Situation n°3 : Fenêtre des traitements développée

Le troisième dessin montre la même situation que le précédent, mais cette fois en ayant la fenêtre des traitements développée. On voit un circuit d'insert entre compresseur et gate.

Ce visuel pose un vrai problème, car il faut entrer deux blocs de plus dans la même largeur générale. Cela n'a été possible qu'au prix de la réduction des icônes « casque », de la boîte d'insert et de l'ensemble des départs du reste de la chaîne.

Il demanderait à être mis en place graphiquement afin de trouver une meilleure solution.

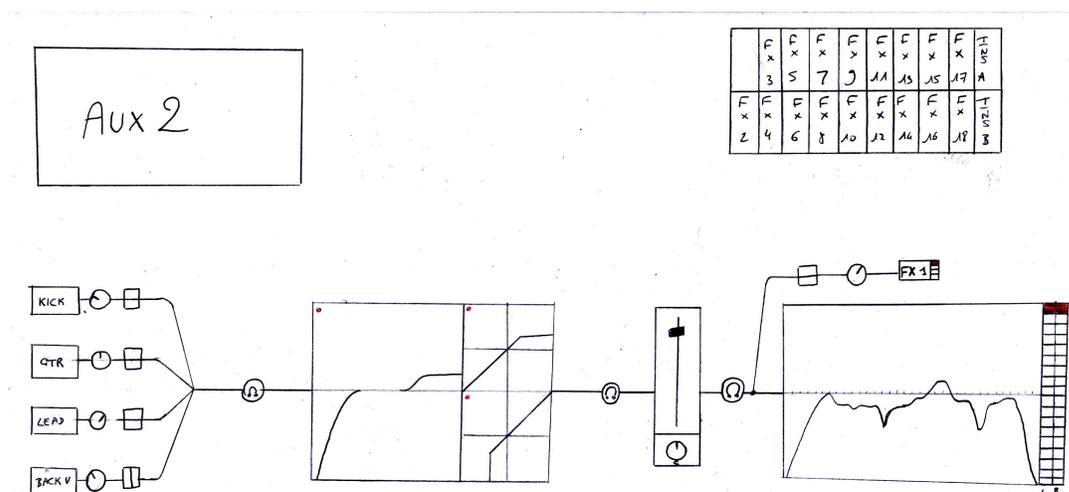


FIGURE IV.8 – Situation n°4 : Interface des circuits auxiliaires

Enfin, un quatrième dessin a été réalisé pour montrer la structure de la fenêtre des circuits auxiliaires. On y trouve toutes les pistes entrantes avec leur potentiomètre et leur bouton on/off. Tous les autres blocs sont identiques, sauf la sortie qui comprend une grande fenêtre de représentation de l'égalisation graphique à laquelle on ajoute une visualisation de l'analyse spectrale du signal. Un effet est inséré juste avant la sortie, et on peut voir que la banque de départs ne comprend plus que des effets et les inserts, car on ne peut insérer un circuit auxiliaire dans un autre.

IV. 3.2 Design graphique

Une fois les maquettes papier réalisées, deux d'entre elles ont été mises en place graphiquement par Lucie DUFORESTEL.

L'idée de ces représentations est de servir de fond au patch *Max/MSP* qui permettra de mettre un maximum de paramètres en fonctionnement. Il manque les potentiomètres, les faders, les indicateurs de niveau ou l'égalisation, mais ils seront ajoutés sur le logiciel et auront un effet sur le son.

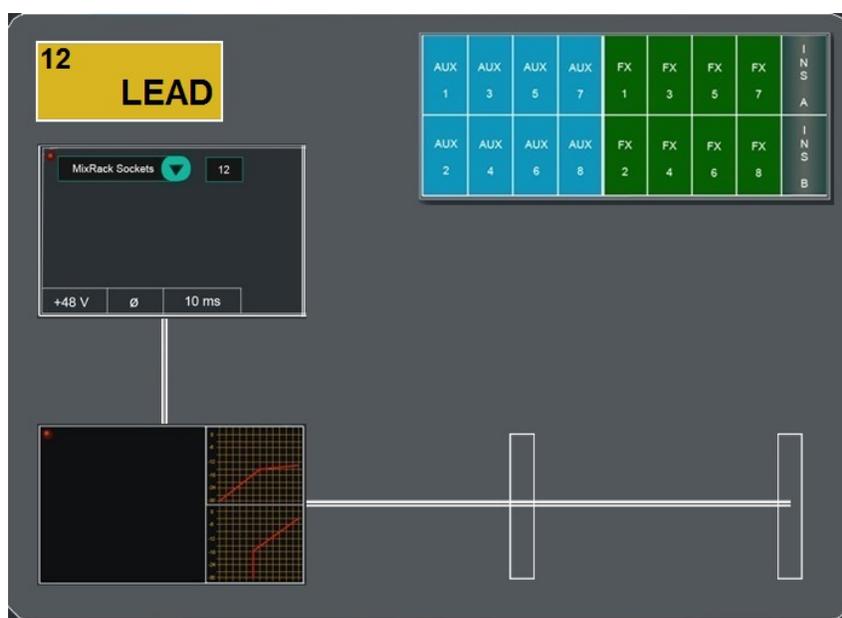


FIGURE IV.9 – Design de l'écran de base

Nous avons tout d'abord construit le visuel correspondant à la situation n°1. Nous nous sommes pour cela donné comme contrainte d'adapter les dimensions de l'interface à une taille d'écran de référence (en l'occurrence, la partie mobile de l'écran de la « dLive », cf Fig. III.13). Pour pouvoir exporter notre interface sur la vraie console, les couleurs ont aussi été choisies en fonction celles présentes sur la « dLive ».

Il s'est rapidement avéré que cet écran était trop étroit pour contenir une version « droite » de l'interface prévue. Il a donc été choisi de couder la chaîne au niveau des traitements pour pouvoir maintenir une chaîne droite avant et après le fader, endroit où les insertions de circuits sont les plus courantes.

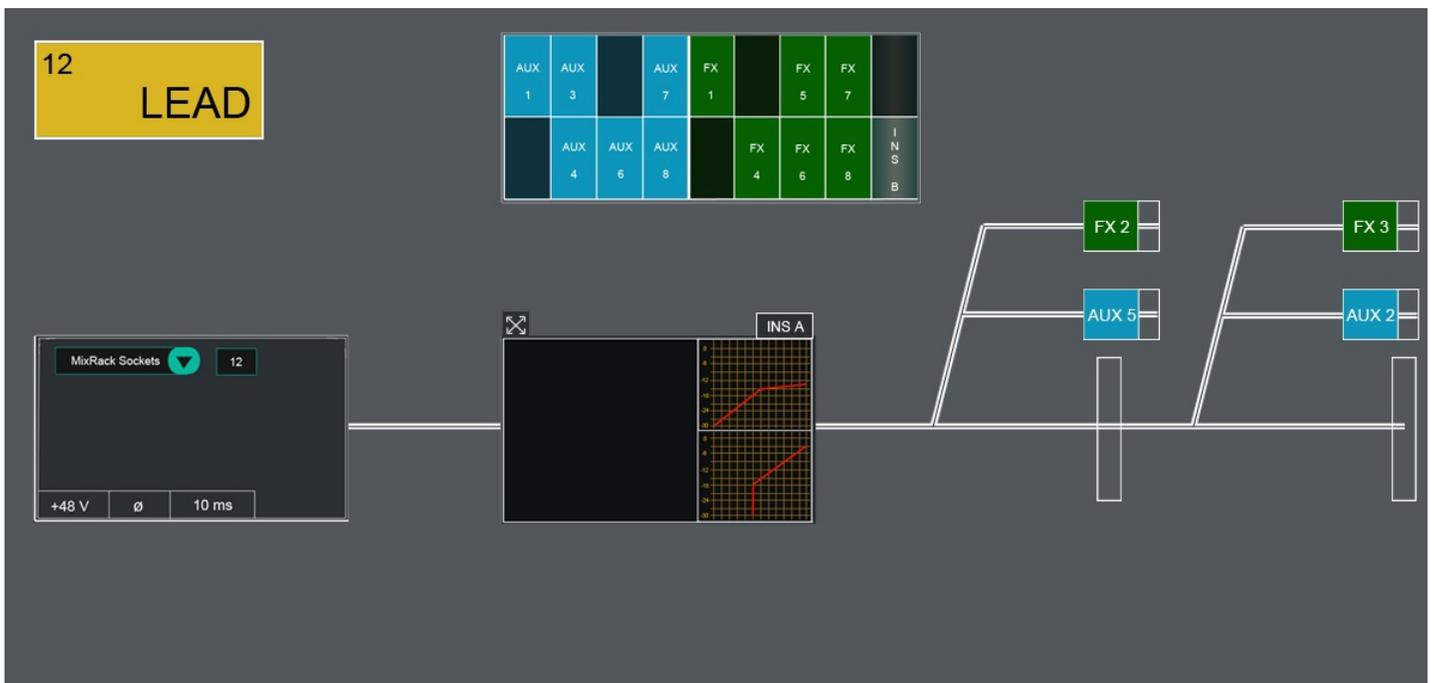


FIGURE IV.10 – Design de l'écran avec circuits insérés

Le second visuel concerne la situation n°2. Nous avons ici choisi de faire fi de toute contrainte d'espace pour voir quelle était la taille souhaitable pour contenir toute l'interface. Celle-ci occupe au final un écran de ratio 42 :20 (2,1).

On a ainsi un écran divisé en trois bandes latérales :

- la partie supérieure comprend un secteur d'informations contenant le numéro, la couleur et le nom de la piste, ainsi que la banque de départs, replacée au centre pour la rendre plus évidente et disponible;
- la partie centrale, avec la chaîne d'éléments et ses départs qui s'étendent vers le haut, dans l'espace supérieur laissé vide;
- la partie inférieure qui pourrait être utilisée pour placer les menus contextuels de chaque élément de la chaîne.

IV. 3.3 Patch *Max/MSP*

Les visuels créés ont été intégrés dans un patch *Max/MSP* pour y ajouter tous les éléments interactifs sur le son. Cela permet de tester une petite partie de l'interface proposée afin d'en éprouver l'ergonomie et d'apporter les critiques nécessaires à son amélioration future.

La première partie de ce travail a consisté à créer un patch sans aucune mise en forme, mais faisant fonctionner tous les éléments qui sont présents sur l'interface. Il a en particulier fallu en exclure les éléments qui ne disposent pas d'interface graphique sur *Max/MSP*, comme le compresseur et le gate, afin que l'interface soit totalement interactive et suffisante lors de futurs tests.

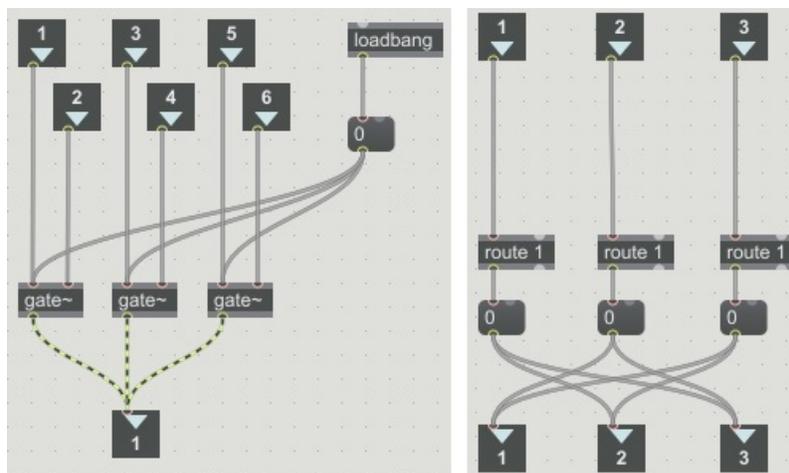


FIGURE IV.11 – Patches utilisés pour le circuit de casque

La partie la plus complexe de ce premier travail a été consacrée à la mise en place du système d'écoute au casque. Il fallait, grâce à des interrupteurs, diriger plusieurs signaux correspondant aux différents points de la chaîne dans la même sortie et faire en sorte qu'il ne sorte qu'un seul signal à la fois.

Nous avons pour cela conçu deux sous-patches (fig. IV.11). Le premier est simplement constitué d'une série de fonctions « porte » qui ne laissent passer le si-

gnal (entrées paires) qu'à l'ouverture de leurs interrupteurs respectifs (entrée impaires). Le deuxième patch met en relation ces interrupteurs par une fonction ou-exclusif : quand l'un s'ouvre, tous les autres se ferment.

L'étape suivante nous a vus insérer les éléments graphiques dans ces circuits de base. Après avoir importé les images de fond précédemment créées et y avoir placé les éléments graphiques du premier patch, nous avons utilisé l'objet « pictctrl » pour créer les interrupteurs dont l'apparence peut être choisie.

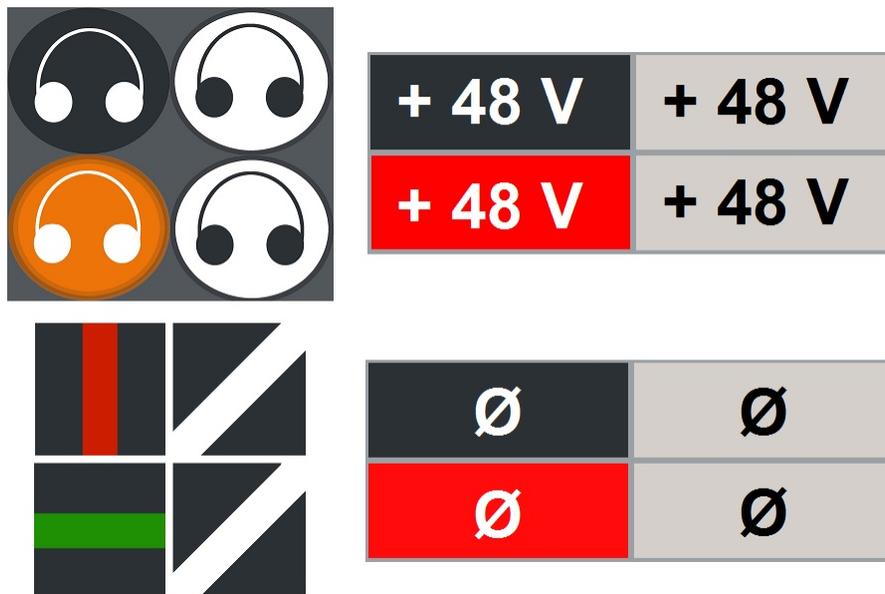


FIGURE IV.12 – Icônes cliquables créées pour l'interface (écoute casque, alimentation fantôme, on/off départs, déphasage)

Dans chacun de ces dessins, les icônes de gauche sont celles utilisées à l'état respectivement fermé et ouvert de l'interrupteur, et les icônes de droite sont les icônes de transition (lorsque le clic n'est pas relâché). Nous avons partout utilisé la convention classique d'inversion des couleurs en guise de transition sauf pour les boutons on/off où on voit la bascule du « fil » entre chaque état. Le rôle de chaque icône est aussi renforcé par le jeu de couleurs pour qu'elles soient identifiables de loin.

IV. 4 Interfaces finales et critiques

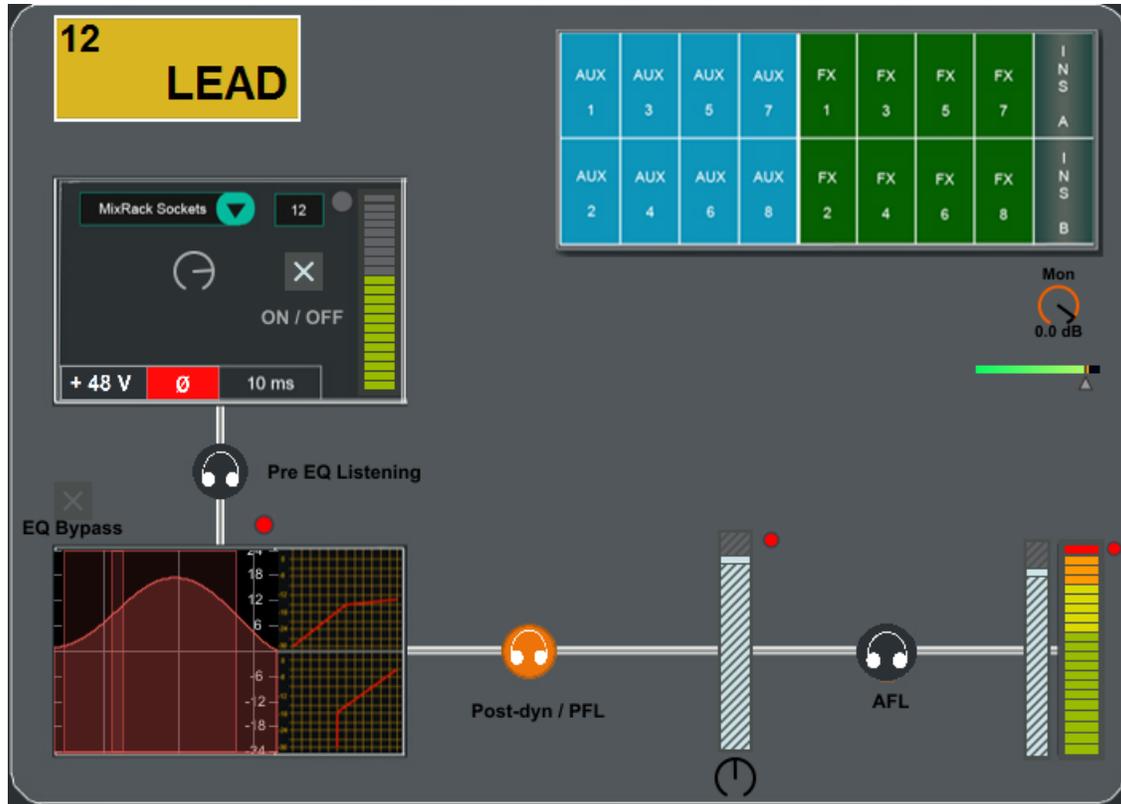


FIGURE IV.13 – Interface correspondant à la situation n°1

La première interface, condensée au sein de l'écran de la « dLive », montre les éléments de base d'interaction avec le système. Seuls compresseur et gate sont absents car la visualisation ici représentée n'existe pas sur *Max*. On retrouve, en plus de tous les éléments précédemment cités, une reprise du fader de niveau général (*Master fader*) avant la sortie, et des indicateurs de saturation à chaque étape pour que l'utilisateur puisse voir à quel point de la chaîne son signal sature. Nous avons également rajouté, en guise d'information, les noms classiquement associés aux différents points d'écoute.

Selon moi, la principale qualité de cette interface est qu'elle s'inscrit bien au sein de cet écran. L'espace est globalement bien occupé, et de façon claire. Les seuls espaces vraiment vides sont au dessus du fader de la tranche et de la sortie, soit les points où l'on s'attend le plus à voir des circuits insérés. Il y a donc de la place pour les départs. Et si l'on part du principe que l'interface se situe sur l'écran de la dLive, les menus spécifiques à chaque traitement sont situés sur les côtés, ainsi que le nom de la piste.

Mais en dehors de ce contexte déjà existant, l'interface est difficile à intégrer dans un autre système. Il n'y a, du fait même des contraintes que nous nous sommes fixées, aucune place pour toute autre information que celles déjà présentes. C'est un problème si l'on veut pouvoir intégrer des menus contextuels spécifiques à chaque point de la chaîne : ceux-ci seront, en l'état, obligés de cacher une partie de l'interface⁴. Ce principe s'observe sur la console « CL5 » de *Yamaha*, et il pose des problèmes de confort d'utilisation⁵. Pour répondre à cela, on pourrait mettre plus de réglages physiques à la disposition de l'utilisateur pour ne plus avoir besoin de menu, ou imaginer des dispositifs supplémentaires pour les afficher ailleurs, au risque de briser la continuité.

S'il existe de la place au-dessus des points de départs potentiels, elle n'est pas très grande. On peut y insérer quatre ou cinq circuits. Cela convient bien à un dispositif réduit (deux effets pré-fader, et quatre envois dans les retours post-fader, par exemple), mais des besoins accrus rendraient l'interface peu lisible, et le rapetissement nécessaire des outils sur les branches les rendraient peu cliquables. Si l'on souhaite adopter cette disposition d'interface, il est donc nécessaire de se pencher sur des moyens de condenser les informations et les contrôleurs des départs. On pourrait à ce titre regrouper les envois par branches selon qu'ils soient ouverts ou fermés et placer leur potentiomètre directement sous leur nom.

4. On pourrait arguer qu'on peut les mettre sur le côté, mais il s'agit précisément de la solution des consoles « dLive ». Ce serait alors une simple copie de leur interface.

5. Le fait de n'avoir visible qu'une petite partie de l'interface principale donne l'impression de ne plus pouvoir contrôler ce qu'il s'y passe, bien qu'il y aie des accès rapides au réglages sur la surface physique.

Il est enfin difficile de trancher à ce stade sur la forme coudeée de la chaîne. Cela brise notre premier concept « linéaire » et rend l'interface peut-être moins immédiate, mais l'idée reste compréhensible. Il faudrait donc procéder aux tests utilisateur pour voir si cela les gêne.

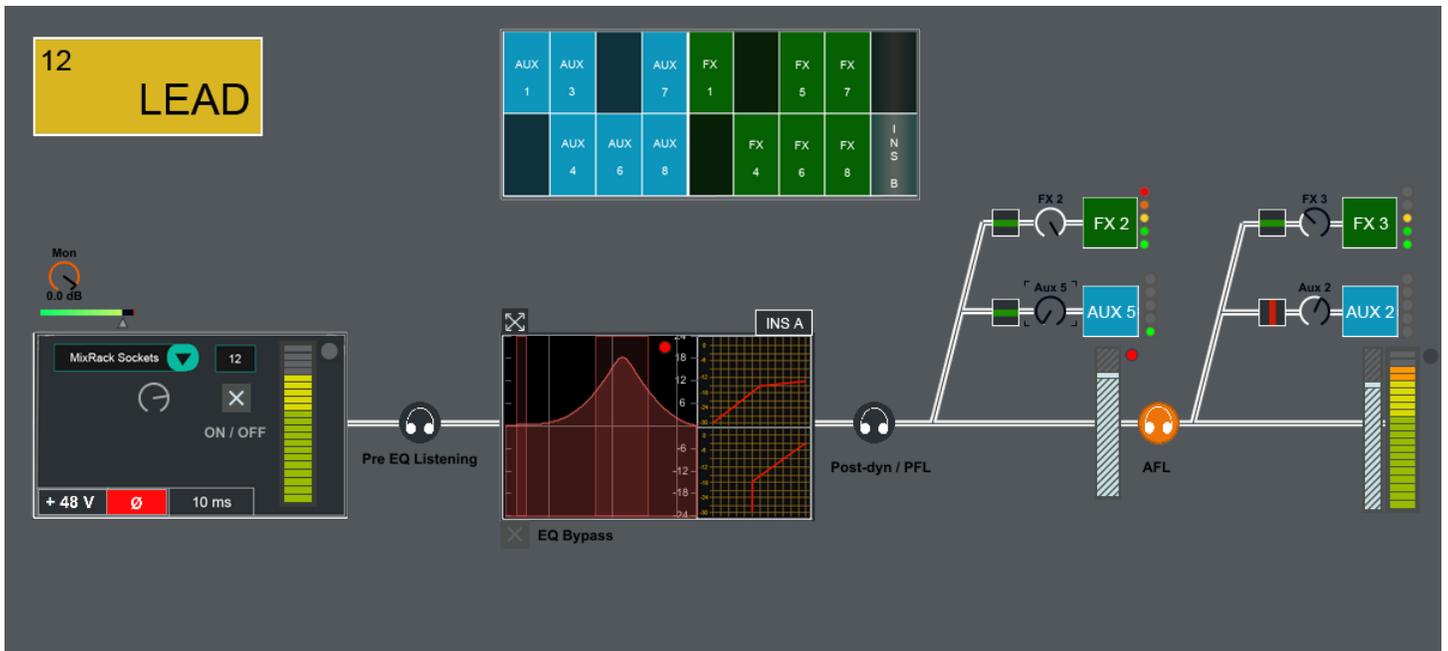


FIGURE IV.14 – Interface correspondant à la situation n°2

La seconde interface présente la façon dont nous souhaitons traiter les départs. Lorsqu'un est inséré dans la chaîne, la case disparaît de la banque et la branche qui se crée contient un bouton on/off représenté graphiquement par un fil prolongeant ou coupant le circuit, un potentiomètre à course finie représentant son niveau d'envoi et une petite indication de ce niveau via cinq boutons de type LED. Comme nous devons créer ce dernier indicateur nous mêmes (*Max* ne proposant qu'un minimum de 10 LEDs pour ses objets de base), nous en avons profité pour imposer l'allumage de la première LED verte dès qu'un signal passe (comme on

le voit sur l'aux 5, pré-fader). Cela donne une indication supplémentaire à l'utilisateur, améliorant ainsi ce moyen de vérification indirecte.

Il me semble que cette interface rend bien compte de la continuité du chemin du signal dans les tranches, et la navigation vers les écrans de chaque départ est possible grâce à des boutons plus gros que ceux qui avaient été dessinés. L'objectif de redonner un aspect concret au trajet du son dans la console semble donc en bonne voie.

Cette interface permet cette fois-ci d'envisager aussi une implantation sur d'autres modèles, car il reste de la place pour la compléter, notamment dans sa partie inférieure. Ce modèle pourrait ainsi très bien s'implanter sur la « Vi5000 » de *Soundcraft* (cf Fig. III.4), dans la partie supérieure des écrans principaux, la partie inférieure étant occupée par des potentiomètres de réglages divers, parfaits pour compléter). Le fait que cette dernière console dispose de plusieurs écrans permet aussi d'envisager des spécialisations : un serait consacré aux tranches audio et un autre, à sa droite, aux circuits auxiliaires (cf Fig. IV.8). Cela redonnerait une continuité encore plus visible.

Néanmoins, une question d'usage nous amène à limiter l'intérêt de notre prototype, surtout dans son aspect de manipulation graphique des circuits. Le fait de devoir procéder piste par piste rend le processus d'envoi fastidieux s'il doit être répété plusieurs fois, comme c'est le cas dans des assignations de retours. Il est ainsi préférable d'alimenter les circuits via les faders, ce que nous trouvons potentiellement dangereux.

Sur ce point précis, notre interface semble donc plus profitable en tant qu'outil d'information que d'action et elle devra être complétée par des outils plus appropriés (potentiomètres consacrés à chaque circuit sur la surface, par exemple). D'un autre côté, la manipulation directe des circuits peut être utile pour des départs ponctuels ou pour déplacer le point d'insertion dans la chaîne.

Il subsiste également un doute quant à la possibilité d'agrandir la fenêtre de traitements. Nous disposons de peu de l'espace horizontal pour cela. Il faudrait

réfléchir à la manière de condenser tout le reste de l'interface ou envisager le fait que cliquer sur l'icône d'agrandissement ouvre une fenêtre supplémentaire par dessus l'interface laissant un accès à la banque de départs.

Pour le reste, comme nous l'avons expliqué plus haut, les moyens dont nous disposions ne permettaient pas de mettre en œuvre la partie prépondérante de cette interface à savoir la manipulation directe des circuits auxiliaires, leur insertion « physique » dans le circuit et la navigation entre les différents visuels. L'essentiel n'a donc pas pu être testé, et nous ne pouvons pas, à l'heure actuelle, dire formellement si ce type d'interface est efficace ou non.

Conclusion générale

En traçant le chemin d'une conception nouvelle d'interface, nous avons dessiné le portrait général des consoles de mixage numériques et de leur usage en concert.

Nous avons d'abord identifié dans quel environnement technique et humain évoluent les ingénieurs du son. De cet environnement découlent de nombreuses responsabilités, tant sur le plan technique (pannes, préparation, mixage) qu'humain (discussion, confiance) que le travail sur la console de mixage ne doit pas obstruer. Nous avons alors constaté qu'il existe des problèmes de fond dans la façon dont sont conçues les interfaces et que cela pourrait rendre difficile l'adaptation aux évolutions futures.

Puis, à travers les différentes analyses de tâches, nous avons expliqué quelles sont les principales problématiques ergonomiques auxquelles doivent répondre les équipements et certaines réponses associées. La nécessité de présenter une interface simple et rapide à comprendre aux mixeurs a ainsi été montrée, en particulier pour le travail de mixage durant les balances et le concert et pour les moments de recherche de panne.

Les tests de consoles qui ont suivi ont permis de déterminer le cadre général dans lequel les interfaces des consoles doivent être conçues. Elles doivent privilégier la lisibilité des commandes et des informations à la mise à disposition immédiate d'un grand nombre d'entre elles, être agréables à utiliser et faire en sorte que l'utilisateur comprenne rapidement leur fonctionnement. La découverte d'un modèle aux résultats significativement meilleurs que les autres a également mis en lumière l'importance du lien entre interfaces physiques et écrans pour le

confort d'utilisation.

Le modèle que nous proposons pour conclure cette étude cherche à résoudre certaines des interrogations soulevées. En nous basant sur la représentation synoptique des consoles de mixage analogiques, nous souhaitons grâce à lui ramener une vision plus intuitive du chemin des signaux et des différentes manipulations de routing.

Au regard des critiques que nous avons formulé dans cette étude, nous pouvons toutefois légitimement supposer qu'*AudioLink* n'y apporte pas de réponse complète. Elle n'a pris en compte que quatre des sept points de réflexions mentionnés en section II. 2.3 et elle se positionne au sein des écrans tactiles dont nous avons critiqué l'importance en section III. 4.3. C'est en cela que des tests utilisateurs seraient souhaitables par la suite pour améliorer cette première ébauche et, via un processus itératif, tendre peu à peu vers ce qui serait une solution acceptable.

Il y a donc de nombreux aspects à améliorer dans l'ergonomie des interfaces des consoles numériques. Cette étude s'est au final focalisée sur les systèmes d'information et leur représentation au sein de l'interface, en prenant le parti d'une visualisation aussi proche que possible des logiques de trajets courants (fil, boîtes de traitement, sorties). Mais au-delà de cette réalisation pratique qu'on pourrait améliorer, ce travail recèle certainement d'autres pistes d'innovation qui nous ont échappé, ne serait-ce que par mon manque d'expérience dans les métiers concernés ou la nature personnelle du processus d'invention qui suppose, consciemment ou non, de faire des choix.

De toute manière, l'environnement de la technique de concert, que ce soit dans son versant technologique ou humain est d'une trop grande complexité pour être compris en quelques mois d'étude. Mais nous espérons que ce travail aura permis d'aborder une nouvelle façon d'aborder ces métiers, leurs interactions et les besoins des différents acteurs pour que les designers puissent réutiliser ces principes au moment de concevoir des outils plus adaptés.

Pour conclure ce travail, permettons-nous un regard sur le rôle de l'ergonomie dans nos métiers et sur la critique qu'on en fait couramment. Les techniciens, autrefois dépositaires d'une sorte de connaissance spécifique et exclusive d'outils infiniment complexes, se retrouveraient aujourd'hui mis en difficulté du fait même de la démocratisation des outils. N'importe quel individu sachant « bricoler » sur *Garage Band* ou *Audacity* se retrouverait ainsi en position de prendre le travail d'un technicien confirmé, mettant, à terme, l'ensemble de la profession en danger.

Si ces situations existent de façon certaine, tenter un tel procès à l'ergonomie me semble relever d'une surestimation du rôle des outils de travail. La compétence d'un mixeur se trouve bien moins dans la manipulation de la console que dans son sens esthétique de la musique, ses compétences de mixage et surtout son rapport humain avec les artistes. La console de mixage n'est qu'un outil, lui permettant d'accomplir ces tâches dans les meilleures conditions possibles et son ergonomie ne peut être qu'un facteur positif.

Si procès il faut tenter, tournons le plutôt vers l'attitude de ceux qui confondent la manipulation pure avec les compétences d'une profession. Cette méprise enferme indirectement le technicien dans le rôle d'une machine à traiter des sons, un système mécanique qui rend l'intervention humaine accessoire, tout comme sa rémunération.

Faire connaître ce métier, sa complexité et ses engagements est donc un point indispensable pour replacer les techniciens dans le rôle essentiel qu'ils ont au sein des spectacles vivants. L'amélioration de l'ergonomie des équipements peut y participer si elle est accompagnée du message clair qu'elle permet de se consacrer à l'essentiel : faire de son mieux, aux côtés du public et des artistes.

Bibliographie

1. *Ergonomie de l'interaction homme-système – Partie 210 : Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs*, Norme ISO 9241-210 :2010..
2. BACCINO, Thierry, BELLINO, Catherine et COLOMBI, Teresa, *Mesure de l'utilisabilité des interfaces*. Éditions Hermès Science, Paris, 2005.
3. BESSON, René et ALARY, Jean, *Sonorisation et prise de son*. Éditions Dunod, Paris, 2007.
4. CARRASCAL, Juan Pablo et JORDÀ, Sergi, « Multitouch Interface for Audio Mixing ». . In *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. 2011, p. 100–103.
5. CORVISIER, Laurent, *Influence des représentations graphiques sur les traitements fréquentiels*. Mémoire de fin d'études de l'ENS Louis-Lumière, 2002.
6. DIX, A. et al., *Human-Computer Interaction*. Hillsale, Prentice Hall, 1993.
7. FERGUSON, David, « Therbligs : The Keys to Simplifying Work ». *The Gilbreth Network*, 2000 (URL: <http://gilbrethnetwork.tripod.com/therbligs.html>).
8. GILBRETH, Frank et GILBRETH, Lilian, « Classifying the elements of work ». *Management and administration*, vol. 8, 2, 1924, p. 151–154.
9. HODGKINSON, G .P. et CRAWSHAW, C.M., « Hierarchical task analysis for ergonomics research. An application of the method to the design and evaluation of sound mixing consoles ». *Applied Ergonomics*, 4 1985 N° 16, p. 289–299.

10. MERCIER, Denis (*dir.*), *Le livre des techniques du son, Tome 3 : L'exploitation*. Éditions Dunod, Paris, 2013.
11. MILLER, Robert B., *A method for Man-Machine Task Analysis*. DTIC Document, 1953 – Rapport.
12. MOSCATO, Michel, *Analyse des taches en ergonomie*. Éditions Dunod, Paris, 2005.
13. NOGIER, Jean-François et LECLERC, Jules, *UX Design & Ergonomie des interfaces*. Éditions Dunod, Paris, 2016.
14. SIMON, Pol, « Les consoles ». . In *Le livre des techniques du son; Tome 2 : La technologie* Éditions Dunod, Paris, 2013.
15. ANNETT, J. et DUNCAN, K.D., « Task Analysis for Training Design ». *Occupational Psychology*, 1967 N° 41, p.211–221.

ANNEXE A : Glossaire des termes techniques employés

Les équivalents anglais utilisés couramment sont indiqués en italique dans les titres.

Alimentation fantôme : Système permettant d'alimenter en électricité les microphones statiques et les DI actives depuis la console. Une tension de +48 V par rapport à la masse est appliquée sur les broches + et - des câbles XLR, ce qui permet d'acheminer cette tension vers les micros sans en dégrader le signal.

Boîtes de direct (DI) : Équipements électroniques chargés d'adapter l'impédance d'un signal électrique afin d'attaquer efficacement l'entrée de la console. Elles permettent également de symétriser le signal afin de le rendre moins sensible aux interférences avec la distance. Le signal y entre la plupart du temps via un port Jack 6.35mm mono et sort en XLR.



Boîtier de direct actif « J48 » de *Radial*

Circuits auxiliaires (Aux) : Circuits de mixage de la console vers lesquels sont routés les signaux destinés à sortir ailleurs que sur la sortie principale. En concert, ils sont principalement utilisés pour alimenter les enceintes de retours et les effets

Compresseur / Limiteur : Traitement audio de la dynamique d'un signal qu'il permet de réduire. Lorsqu'il dépasse un certain seuil (*Threshold*), le niveau du signal est réduit selon un rapport défini par l'utilisateur (*Ratio*, 3 : 1 par exemple : le signal au-dessus du seuil est trois fois moins fort). D'autres paramètres comme le temps d'attaque (*Attack*) et de retour (*Release*) permettent de moduler la façon dont le signal est compressé.

Quand le ratio est maximal (souvent noté $\infty : 1$), le niveau du signal ne dépasse jamais le seuil. Le compresseur se mue alors en *limiteur*, ce qui explique pourquoi les deux fonctions sont possibles au sein d'un même outil.



Interface d'un Compresseur / Limiteur du logiciel *ProTools*

Delay : Effet consistant à répéter plusieurs fois un signal d'entrée avec un niveau faiblissant graduellement et à un intervalle fixe. Cet intervalle étant souvent donné par le tempo de la musique, toutes les consoles permettent de le régler en appuyant en rythme sur un bouton ou l'écran (fonction « Tap Tempo »)

Effets (Effects / FX) : Ensemble de dispositifs de transformation du son ayant une vocation artistique. On les distingue des traitements qui ont vocation à cor-

riger des défauts des sources arrivant à la console. On peut parmi eux citer : réverbérations, delays, flanger, phaser, distorsion, wah-wah, etc.

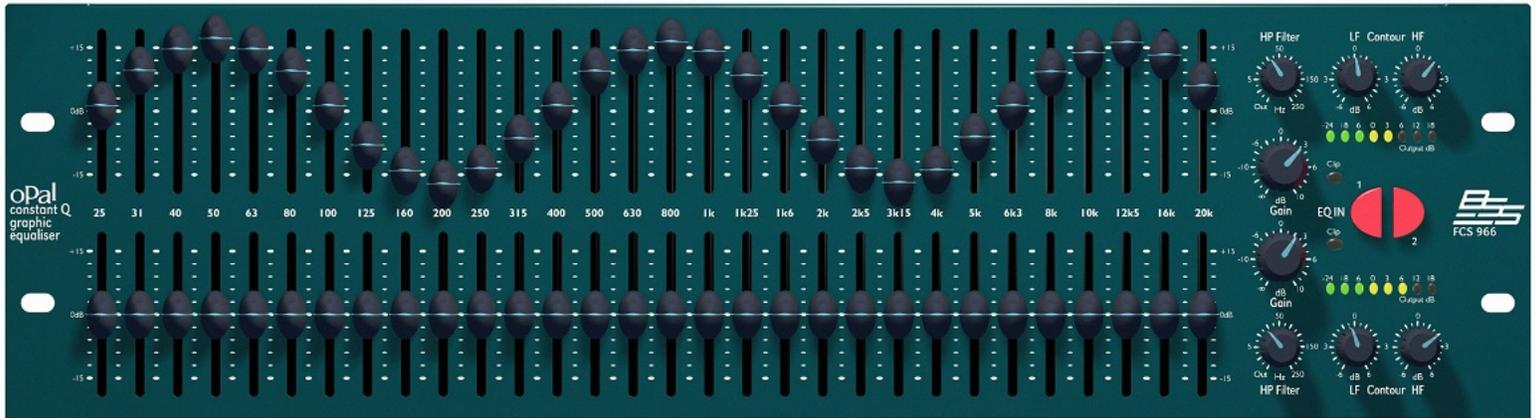
Ils peuvent être utilisés soit directement par les artistes via des boîtiers dont ils disposent sur scène (notamment pour les guitaristes électriques), soit par le mixeur si il en dispose dans sa régie. Les consoles numériques intègrent aujourd'hui un certain nombre d'effets permettant de se passer de boîtiers externes.

Effet Larsen (*Feedback*) : Phénomène acoustique se produisant lorsqu'un microphone est proche d'une enceinte dans laquelle il est envoyé. Le son venant de l'enceinte est capté par le microphone, puis renvoyé dans l'enceinte, puis de nouveau capté par le microphone, etc. Le son produit est constitué d'une ou plusieurs fréquences dont l'intensité augmente continuellement, pouvant aller jusqu'à la destruction du matériel s'il n'y a aucune sécurité.

Il s'agit d'un des problèmes les plus courants en sonorisation, à cause de la proximité entre les microphones, les enceintes de retours et de façade. Il est aussi l'un des plus dangereux, car le son produit est très désagréable et s'il n'est pas contrôlé, peut représenter un risque pour les auditeurs.

Égaliseur graphique ou 31-bandes (*Graphic EQ / gEQ*) : Traitement audio du spectre d'un signal. Ses boîtiers sont constitués d'une série de tirettes verticales représentant chacune une zone fréquentielle. L'utilisateur peut choisir d'atténuer ou d'amplifier certaines fréquences en descendant ou montant les tirettes. Il a ainsi une visualisation *graphique* du traitement qu'il applique au signal. Généralement, le signal est divisé en 31 bandes de fréquences, d'où le nom courant de « 31-bandes ».

Ces dispositifs sont surtout utilisés sur les signaux de sortie afin d'atténuer les fréquences résonnant dans la salle et surtout celles qui provoquent des larsens. Ils sont à ce titre souvent présents par défaut sur les sorties principales des consoles numériques.



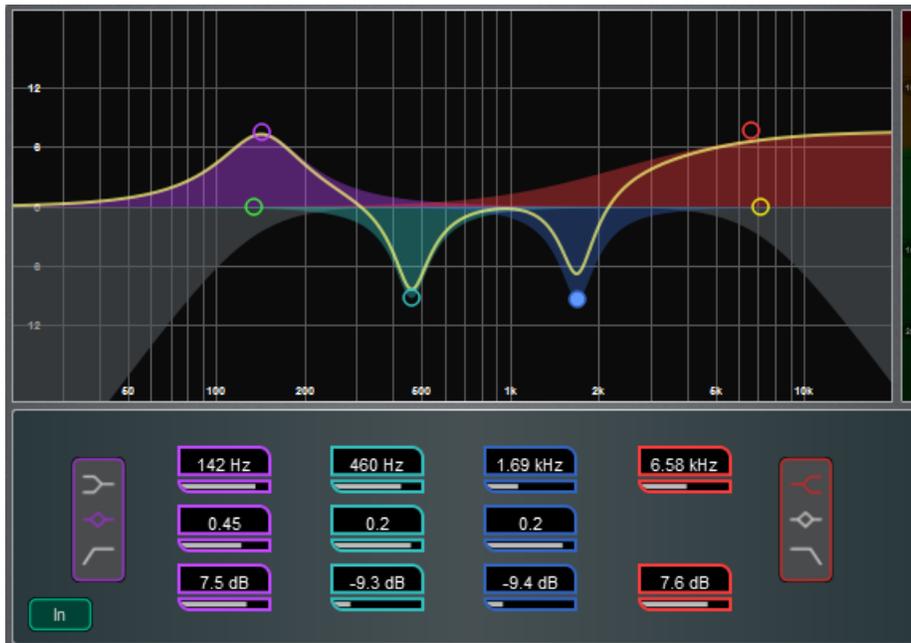
Égaliseur graphique analogique à deux voies « FCS-966 » de BSS

Égaliseur paramétrique (*Parametric EQ / (p)EQ*) Traitement audio du spectre d'un signal permettant à l'utilisateur de choisir :

- Un type de filtre à appliquer : cloches, coupe-bande, plateau (*shelf*), passe-haut, passe-bas...⁶.
- La fréquence centrale du filtre (f), c'est à dire celle à laquelle son effet est maximal pour les cloches et les passe-/coupe-bande ou celle à laquelle son effet commence pour les passe-haut ou bas
- La finesse du filtrage (Q) : plus le chiffre est élevé, plus l'effet du filtrage est resserré autour de la fréquence centrale. Cette donnée peut aussi s'exprimer en largeur de bande d'octave.
- Le gain (G), positif ou négatif, à appliquer à la portion du spectre précédemment définie.

Il est utilisé pour corriger la couleur spectrale des signaux d'entrée. Comme cet outil est très répandu, on parle simplement d'égalisation ou d'*EQ*, ne mentionnant son aspect paramétrique que si l'on doit l'opposer à l'égalisation graphique

6. En général, ce choix n'est possible que pour les filtres des fréquences extrêmes, les bandes intermédiaires ayant par défaut des filtres en cloche.



Interface de l'égaliseur paramétrique des consoles « dLive » d'Allen & Heath

Enceintes de retours : Enceintes disposées sur scène pour que les musiciens s'entendent entre eux. On en distingue deux types principaux :

- les *wedges* (« coin » en anglais, référence à leur forme spécifique), des enceintes posées sur la scène au pied des musiciens.
- les *sides* (« côtés »), des enceintes disposées en hauteur sur les côtés de la scène pour permettre aux musiciens mobiles (chanteurs, guitaristes, violonistes, ...) de se déplacer sans perdre le retour des autres musiciens

Feuille de patch : Tableau présentant la répartition des sources sur le boîtier de patch (cf I. 4), les micros qui y sont affectés et, éventuellement, les systèmes de fixation des micros et les effets à insérer sur les tranches de la console (utile pour les systèmes analogiques car il faut prévoir des racks d'effets correspondants en plus de la console).



Enceinte de retours de type *wedge* « DX12 » d'APG

	instrument	micro	Insert	perche
1	kick	b52	comp/gate	PP
2	snare top	sm57	Comp stereo sur sous groupe Batterie	pp
3	snare bot	sm57		pp
4	snare 2	sm57		pp
5	hh	sm81		pp
6	tom1	904		clip
7	tom2	904	clip	
8	tom3	904	comp/gate	clip

Extrait d'une feuille de patch.

Fiche technique : Ensemble de documents nécessaires à la préparation du concert. On y retrouve une feuille de patch, un plan de scène et diverses informations relatives à l'accueil et l'hébergement des artistes, le matériel amené et à fournir, entre autres.

Filtres : Traitements complémentaires de l'égalisation paramétrique permettant de couper la partie basse (*HPF*, High-Pass Filter) et haute (*LPF*, Low-Pass Filter) du signal entrant à partir de fréquences définies par l'utilisateur.

(Noise) Gate : Traitement audio de la dynamique par lequel un signal est coupé si son niveau d'entrée est inférieur à un niveau spécifié (*Threshold*, en dB). Des réglages tels le temps d'attaque et de retour viennent moduler le traitement.

En concert, il permet d'éviter les reprises entre différents microphones en les coupant lorsque l'instrument auquel ils sont dédiés ne joue pas.

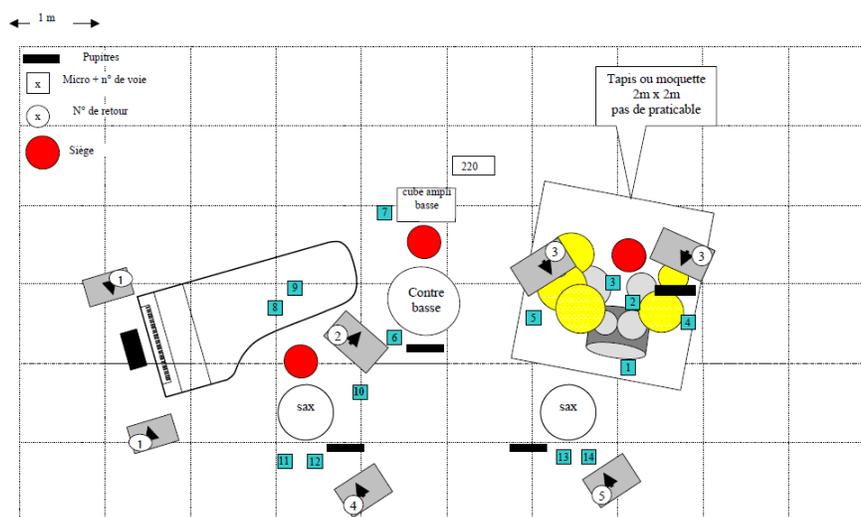
Hardware : Fonction technique (processeur, compresseur, ...) implantée au sein d'un équipement physique qui lui est propre (souvent sous forme de boîtiers). Ce terme se définit surtout par opposition aux éléments *software* qui sont implantés de façon informatique dans des équipements comprenant souvent plusieurs fonctions.

Mixage : Ensemble d'opérations visant à mélanger plusieurs sources sonores séparées pour obtenir un tout cohérent, agréable et répondant aux codes esthétiques recherchés. On peut y distinguer cinq grands types d'opérations que nous classons dans l'ordre de leur présentation sur les pistes d'une console de mixage analogique.

- Amplification : Augmentation du niveau du signal pour entrer efficacement dans la console. Cette étape n'est pas nécessaire si le signal entrant a déjà un niveau suffisant (niveau ligne, comme les sorties de clavier);
- Traitement : Le signal entrant est modifié de façon à corriger ses défauts, sur le plan spectral (égalisation, ou EQ) et sur le plan dynamique (compression / gate);
- Effets (voir ici) : Le son est transformé dans un but artistique;
- Spatialisation : Placement de la source au sein de l'espace sonore permis par le système de diffusion (stéréo le plus souvent en façade, mais possible en 5.1, WFS, ambisonie, ...);
- Niveau de sortie : Niveau avec lequel le signal est envoyé vers la diffusion. Il doit être ajusté, conjointement à la spatialisation pour que la source ait une place correcte au sein du mixage.

Il faut à cela ajouter la répartition des signaux dans chaque système de diffusion, soit, en concert, tous les circuits de retour, d'enregistrement ou de diffusion extérieure. On comprend ainsi pourquoi l'on préfère répartir ce travail entre différentes consoles dès que l'on en a les moyens.

Pistes audio ([Audio] Channel) : Circuits de mixages où sont dirigés les signaux entrant dans la console. Elles ont une section d'entrée comportant, si le signal vient de micros, une partie de préamplification, de nombreux traitements (EQ, compresseur, gate, ...) et une sortie très souvent assignée par défaut à la sortie principale. C'est depuis ces pistes que sont ensuite répartis les signaux dans les différents circuits auxiliaires de la console.



Plan de scène d'un quintette jazz

Plan de scène : Représentation schématique de l'emplacement des différents éléments de la scène (micros, instruments, retours, praticables, pupitres...) envoyée aux techniciens afin de préparer le concert.

Régie : Lieu de travail des techniciens, notamment dans la salle (régie de façade, régie lumière). Par extension, ce terme désigne aussi l'ensemble du matériel présent dans ces lieux.

Réseau audionumérique : Protocole de liaison entre plusieurs machines leur permettant d'échanger des informations audionumériques. En sonorisation, ce principe est surtout utilisé pour faire passer les signaux entre le patch de scène et la régie au sein d'un seul câble, *MADI* ou *RJ 45* le plus souvent.

Retard : Traitement consistant à retarder l'écoute d'une piste audio afin de la remettre en phase avec d'autres pistes. Comme ce retard est déterminé par la distance entre le micro dont le signal est à retarder et celui de référence, de plus en plus de consoles proposent directement un réglage en distance (mètres) plutôt qu'en temps (millisecondes).



Interface du plugin de réverbération « Altiverb » d'Audioease

Réverbération (Reverb :) Effet audio permettant de placer artificiellement une ou plusieurs sources dans un espace acoustique défini. Les catégories standard de réverbérations sont les *rooms* (simulant des pièces, de taille petite à moyenne), les *halls* (simulant des grands espaces, comme des théâtres ou des églises)

et les *plates* (reprenant le son des réverbérations analogiques à plaque). Certains équipements numériques permettent à l'utilisateur de sélectionner directement un lieu existant qu'il souhaite simuler.

Routing : Ensemble des opérations visant à répartir les signaux audio dans les différents composants de la console. Cela comprend, entre autres, les entrées audio, les sorties, les envois dans les auxiliaires et les effets ou encore les chemins d'écoute au casque.

Système de diffusion (ou de façade) : Ensemble des enceintes destinées à l'écoute du public. Ces enceintes peuvent être réparties ainsi :

- Système principal : Enceintes situées sur les côtés de la scène restituant la majorité du signal sonore ;
- Systèmes secondaires : Autres enceintes situées au niveau de la scène visant à compléter ou à corriger le système principal. On peut notamment y trouver des *front-fills* pour amener du son près de la scène si le système principal est en hauteur, et des *side-fills* pour couvrir les côtés si la zone d'audience est plus large que la scène ;
- Caissons de basse : Souvent situés sous la scène, ils permettent de restituer la partie grave du spectre sonore et de produire des sensations physiques aux spectateurs qui en sont proches ;
- Rappels : Enceintes situées dans la salle pour les spectateurs trop éloignés du système principal. Elles ré-émettent une partie du signal lorsqu'il a été atténué par la distance, avec un retard évitant des échos avec le système principal.

La répartition du signal de sortie dans ces différentes enceintes est gérée par un ingénieur système qui utilise pour cela un processeur de diffusion.

Talkback (ou micro d'ordres) Système grâce auquel le mixeur de façade peut parler aux artistes depuis la régie. Un circuit spécifique de la console prend en

entrée un micro situé en régie⁷. Lorsque l'ingénieur du son active le circuit et parle dans le micro, sa voix est envoyée dans chaque enceinte de retour, lui permettant ainsi d'échanger avec les artistes.



Fiches XLR conçues par *Neutrik*

XLR : Type de connecteurs principalement utilisés dans les câbles reliant les micros au patch d'entrée et le patch de sortie aux processeurs de diffusion⁸. Ces câbles audio sont couramment appelés des « modules », pour câbles de modulation audio.

Ces connecteurs sont (la plupart du temps) constitués de trois broches entourées par une gaine en métal. Ils permettent de transporter un signal symétrisé, d'où leur grande présence dans les câbles audio.

7. Cela se fait souvent via une prise XLR femelle située sur la console de façade.

8. Ils sont aussi utilisés au bout des câbles transportant le signal DMX512 entre les différents projecteurs lumière. La confusion est problématique car les câbles audio et DMX n'ont pas la même impédance.

ANNEXE B : Tableau de correspondance des codes utilisés dans l'analyse hiérarchique

1. PREPARATION DE LA CONSOLE ET DU CONCERT			
CODE	TÂCHE	SOUS-TÂCHE	SOUS-SOUS-TÂCHE
1.1	Renseignements sur la météo	-	-
1.2	Mise en place des moyens de communication	-	-
1.2.1	-	Talkback vers la scène	-
1.2.2	-	Réception des autres talkbacks	-
1.2.3	-	Intercoms	-
1.3	Vérification cartes externes et réseaux	-	-
1.4	Configuration d'une nouvelle session	-	-
1.5	Préparation écoute casque	-	-
1.6	Préparation des outils nécessaires au concert	-	-
1.6.1	-	Routing réseau	-
1.6.2	-	Configurations de secours	-
1.6.3	-	Personnalisation interface	-
1.6.4	-	Config pistes audio	-
1.6.4.1	-	-	Choix entrée physique
1.6.4.2	-	-	Choix sortie physique
1.6.4.3	-	-	Renommer + Couleur
1.6.4.4	-	-	Groupes stéréo
1.6.4.5	-	-	Préréglages

1. PREPARATION DE LA CONSOLE ET DU CONCERT			
CODE	TÂCHE	SOUS-TÂCHE	SOUS-SOUS-TÂCHE
1.6.5	-	Effets internes	-
1.6.5.1	-	-	Config départs et retours
1.6.5.2	-	-	Renommer + Couleur retour d'effet
1.6.5.3	-	-	Tests
1.6.6.	-	Envois vers retours	-
1.6.6.1	-	-	Insérer EQ graphique sur aux
1.6.6.2	-	-	Config sortie aux vers enceinte
1.6.6.3	-	-	Tests
1.6.7	-	VCA	-
1.6.7.2	-	-	Attribuer pistes
1.6.7.3	-	-	Renommer + Couleurs
1.6.8	-	Groupes de mute	-
1.6.9	-	Finalisation personnalisation interface	-
1.7	Égalisation de la façade	-	-
1.7.1	-	Insert EQ graphique sur master	-
1.7.2	-	Égalisation à la voix ou au CD	-
1.7.3	-	Déplacements et corrections	-
1.8	Égalisation des retours	-	-
1.8.1	-	Correction de couleur	-
1.8.2	-	Atténuation fréquences larsen	-
1.9	Linecheck	-	-
1.9.1	-	Test des boîtiers	-
1.9.2	-	Tests des lignes	-

2. BALANCES			
CODE	TÂCHE	SOUS-TÂCHE	SOUS-SOUS-TÂCHE
2.1	Discussion avec musiciens	-	-
2.2	Mise en place de la scène	-	-
2.3	Balances façade	-	-
2.3.1	-	Travail sur tranches seules	-
2.3.1.1	-	-	Alim fantôme statiques
2.3.1.2	-	-	Gain
2.3.1.3	-	-	Niveau de sortie
2.3.1.4	-	-	EQ
2.3.1.5	-	-	Compresseur / Gate
2.3.1.6	-	-	Effets externes
2.3.1.7	-	-	Phase / Délai
2.3.1.8	-	-	Pan
2.3.2	-	Travail par groupes	-
2.3.2.1	-	-	Balance par pupitres
2.3.2.2	-	-	Démasquages
2.3.3	-	Travail global	-
2.3.3.1	-	-	Balance et pan global
2.3.3.2	-	-	Ajustement des traitements
2.3.3.3	-	-	Déplacement dans la salle
2.3.3.4	-	-	Prise en compte son de scène
2.3.4	-	Communication besoins artistiques	-
2.3.5	-	Répétitions	-

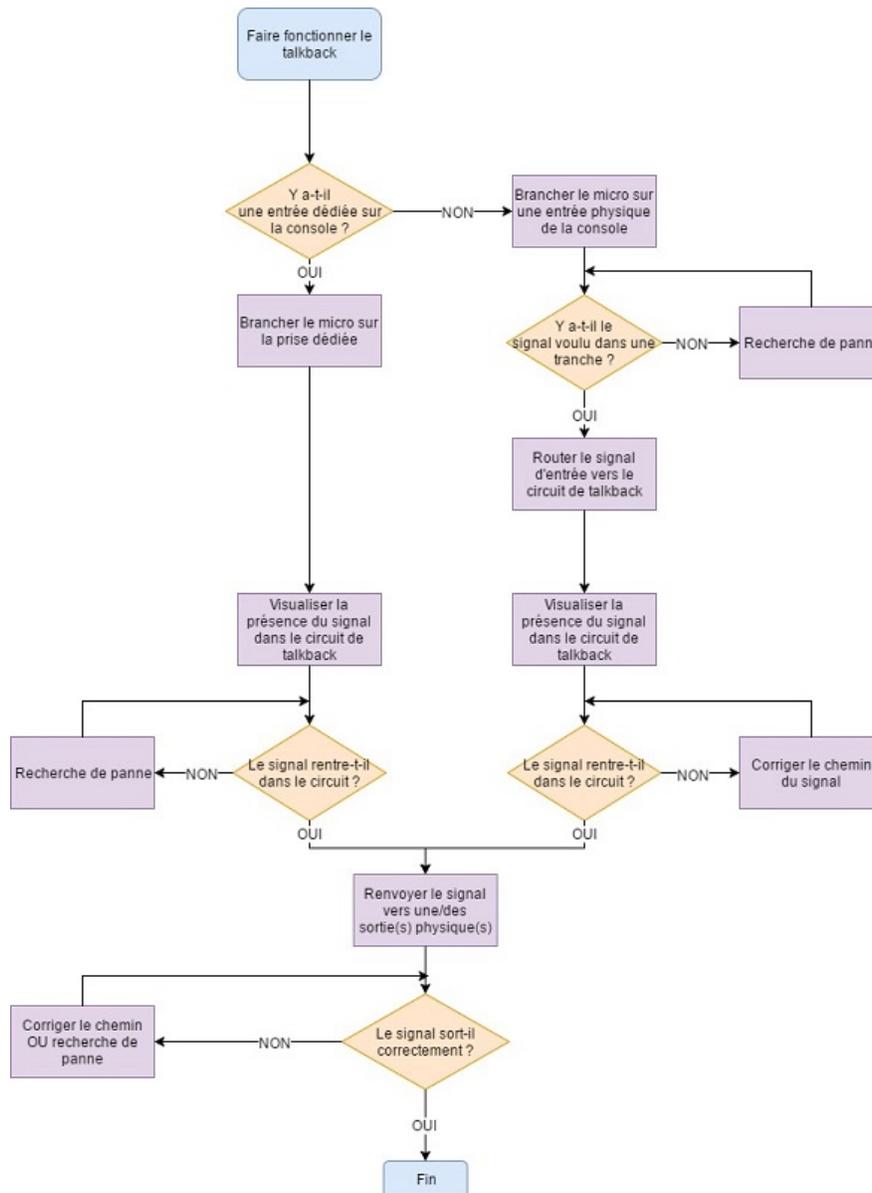
2. BALANCES			
CODE	TÂCHE	SOUS-TÂCHE	SOUS-SOUS-TÂCHE
2.4	Balances retours	-	-
2.4.1	-	Réglage pour chaque musicien	-
2.4.1.1	-	-	Niveau instrument seul
2.4.1.2	-	-	Ajout des effets
2.4.1.3	-	-	Niveau théorique des autres
2.4.2	-	Ajustements globaux	-
2.4.2.1	-	-	Changements dans le son
2.4.2.2	-	-	Aller sur la scène pour écouter
2.4.2.3	-	-	Prise en compte du son de salle
3. CONCERT			
3.1	Suivis en mixage façade	-	-
3.1.1	-	Suivi en niveau	-
3.1.2	-	Suivi en EQ	-
3.1.3	-	Suivi des traitements dynamiques	-
3.1.4	-	Suivi des effets	-
3.2	Suivis en mixage des retours	-	-
3.3	Mute des tranches inutilisées	-	-
3.4	Optimisation système de diffusion	-	-
3.5	Vérification niveau sonore public	-	-
3.6	Résolution de pannes éventuelles	-	-

ANNEXE C : Tableaux issus de l'analyse de Miller des tâches décisionnelles

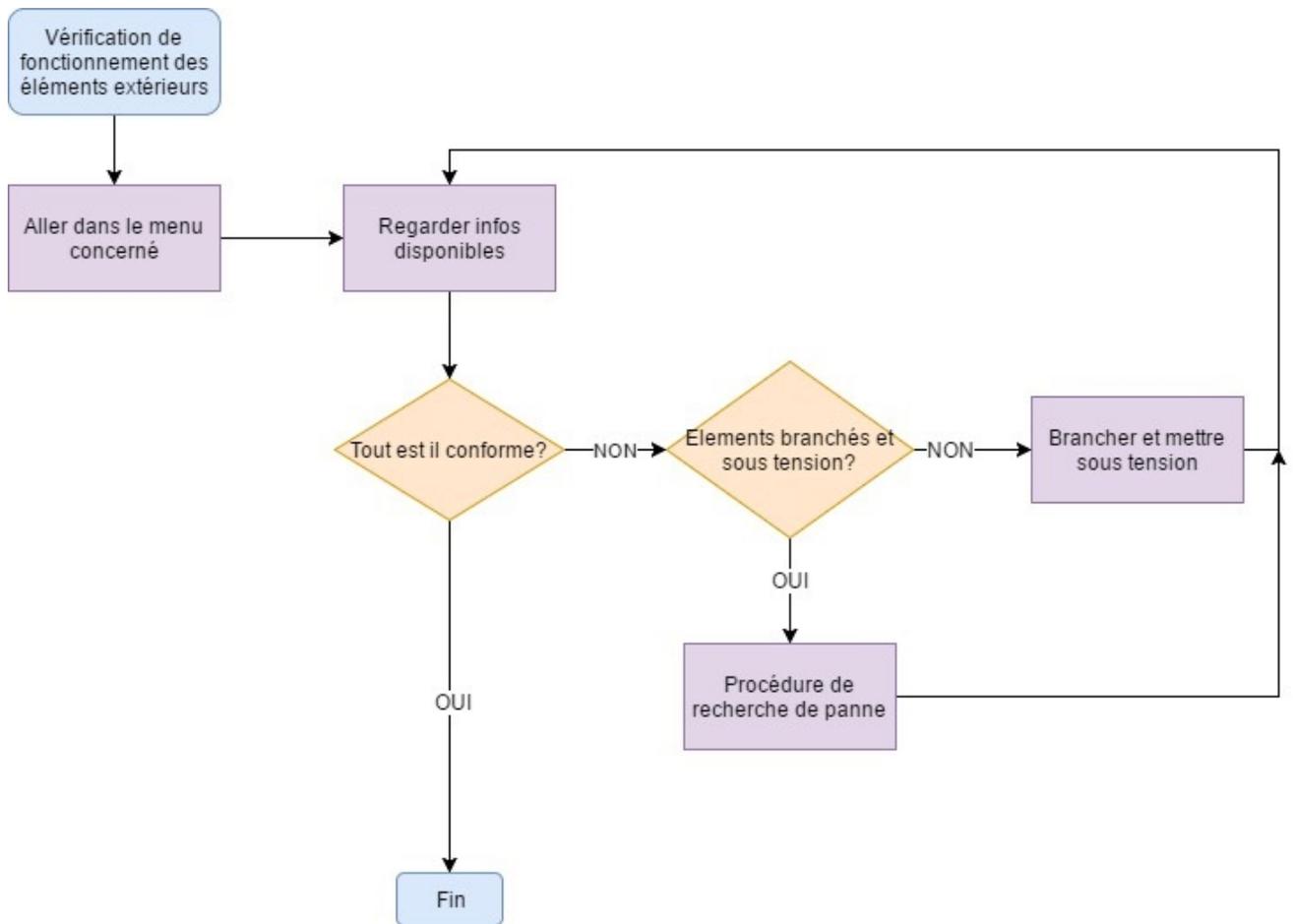
CODE	TACHE	SIGNAUX DE RETOUR	VALEUR CRITIQUE
1,2,1	Talkback vers la scène	Présence et qualité du signal	Signal absent de là où il devrait
1,2,2	Réception des autres talkbacks	Présence et qualité du signal	Signal non reçu
1,2,3	Intercoms	Présence du signal	Signal non reçu
1,3	Vérification cartes externes et réseaux	Fonctionnement correct des appareils ext.	Indication non fonctionnement
1,5	Préparation de l'écoute au casque	Présence du signal	Signal absent
1,6,1	Routing réseau	Fonctionnement du réseau	Routage impossible
1,6,2	Configurations de secours	Bascule vers autres sorties effectuée	Non fonctionnement
1,6,5,3	Test des effets internes	Son passant bien par le traitement	Marche pas
1,6,6,3	Test des envois dans les retours	Présence d'un signal / Son sortant bien	Absence du signal
1,6,7,3	Test des VCA	Chgt son avec changement position fader	Non fonctionnement / Mauvaise attribution pistes
1,6,8	Test des groupes de mute	Mute ou indicateurs sur les tranches	Non fonctionnement / Mauvaise attribution pistes
1,7,2	Égalisation du système de façade	Écoute des manip / Analyse spectre	Son non correct
1,8,1	Correction de couleur des retours	Écoute des manip + Analyse spectre	Son non correct ou absent
1,8,2	Correction des larsens des retours	Écoute des manip + Analyse spectre	Larsen qui part
1,9,1	Linecheck des boîtiers	Présence et qualité du signal	Son non correct ou absent
1,9,2	Linecheck des lignes	Présence et qualité du signal	Son non correct ou absent

CODE	TACHE	SIGNAUX DE RETOUR	VALEUR CRITIQUE
2,3,1,2	Gain de la tranche audio	Indication saturation / Niveau sonore	Mauvais réglage / Mauvaise position de fader
2,3,1,3	Niveau de sortie de la tranche	Écoute + Position du fader	Mauvais réglage
2,3,1,4	EQ de la tranche	Écoute + Courbe	Mauvais réglage / Larsens (rare)
2,3,1,5	Comp / Gate sur la tranche	Écoute	Mauvais réglage
2,3,1,6	Traitements extérieurs sur la tranche	Écoute	Non fonctionnement / Son non adapté
2,3,1,7	Phase / Delay sur la tranche	Écoute	Son déphasé
2,3,1,8	Pan de la tranche	Écoute	Dosage non adapté à la taille de la salle
2,3,2,1	Balance par pupitre de tranches	Écoute / Indic niveau global / Balance	Mauvais réglage
2,3,2,2	Démasquage entre tranches	Écoute + Courbe	Mauvais réglage
2,3,3,1	Balance et pan global du mixage	Écoute / Indication niveau global / Balance	Son trop fort
2,3,3,2	Ajustements de traitements	Écoute + Indicateurs divers	Risque de pire, inutilité
2,3,3,4	Prise en compte du son de la scène	Écoute	Mauvaise interaction
2,3,5	Répétition du concert	Écoute + Indicateurs divers	Mauvais son / Erreurs
2,4,1,1	Niveau de l'instrument seul dans un retour	Communication / Écoute + Indicateur de niveau	Convient pas / Larsen
2,4,1,2	Ajout des effets dans un retour	Écoute + Indicateurs divers	Signal dégradé / Larsen
2,4,1,3	Niveau théorique des autres	Balance	Risque de niveau trop élevé
2,4,2,1	Changements dans tous les retours	Écoute + Indicateurs divers	Mauvais réglages, plaintes
2,4,2,3	Prise en compte du son de la salle	Écoute	Mauvaise interaction
3,1,1	Suivi en niveau	Écoute	Mauvais réglage
3,1,2	Suivi en EQ	Écoute + Analyse de spectre	Fréquence gênante
3,1,3	Suivi en dynamique	Écoute / Indicateurs de niveau	Dyn trop élevée / écrasée
3,1,4	Suivi en effets	Écoute + Indicateurs divers	Effet plus adapté
3,2	Suivis en mixage des retours	Indicateurs de niveau	Plainte du musicien
3,4	Optimisation paramètres système de diff.	Écoute	Problème dans la diffusion
3,5	Vérification niveau sonore public	Indicateurs extérieurs de niveau en dB	Niveau trop élevé
3,6	Résolution des pannes éventuelles	Tout	Problème qui survient

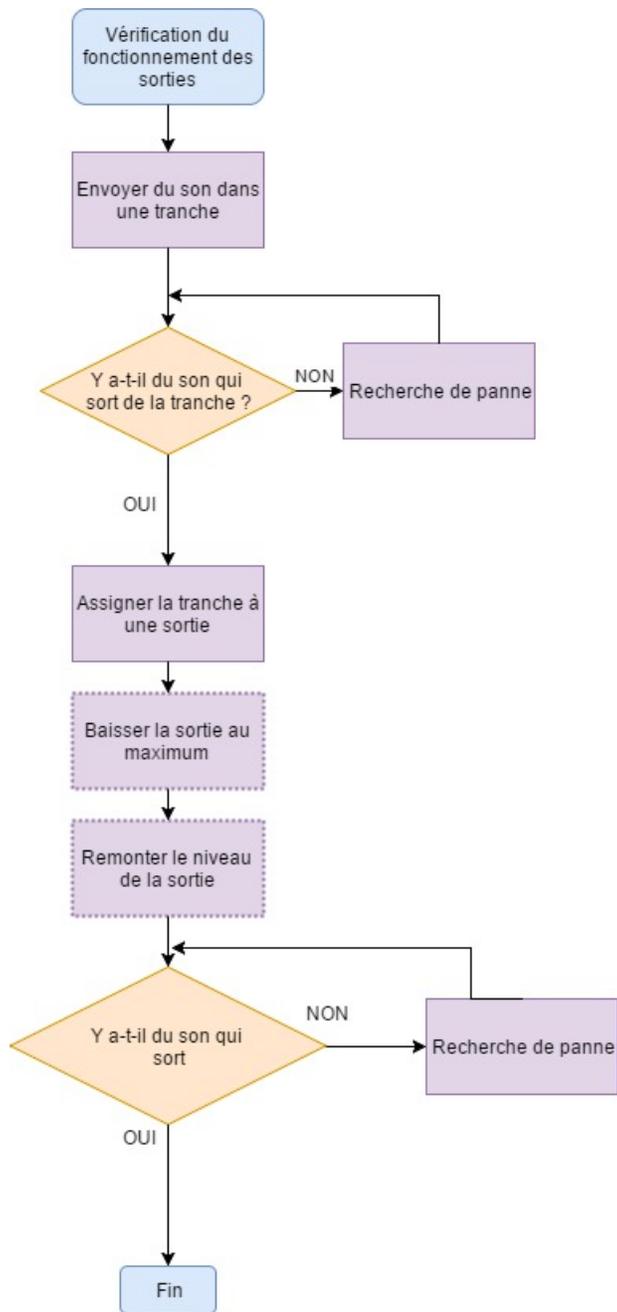
ANNEXE D : Graphiques d'analyse procédurale des tâches de l'ingénieur du son



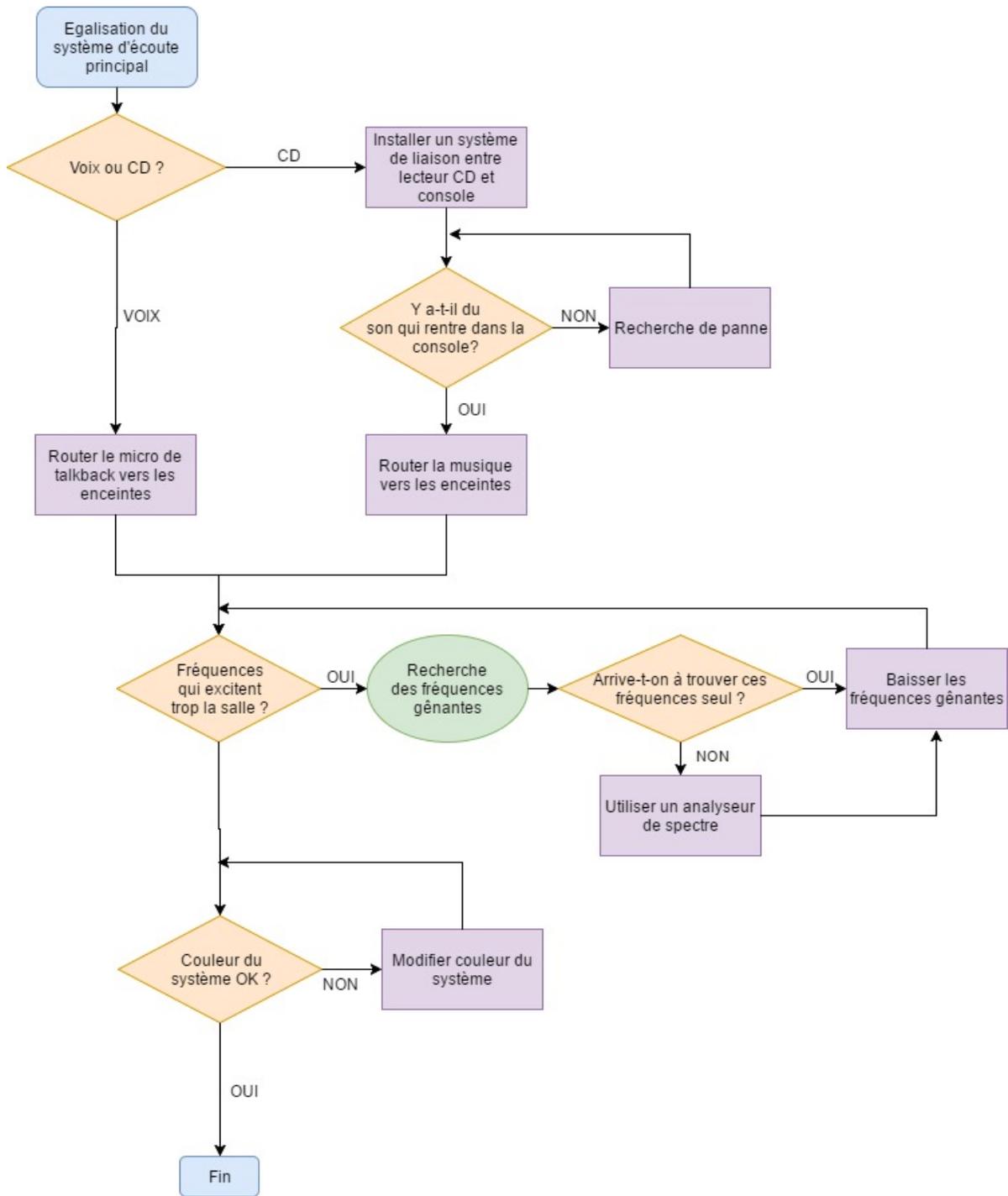
1.2.1 : Mise en place du talkback



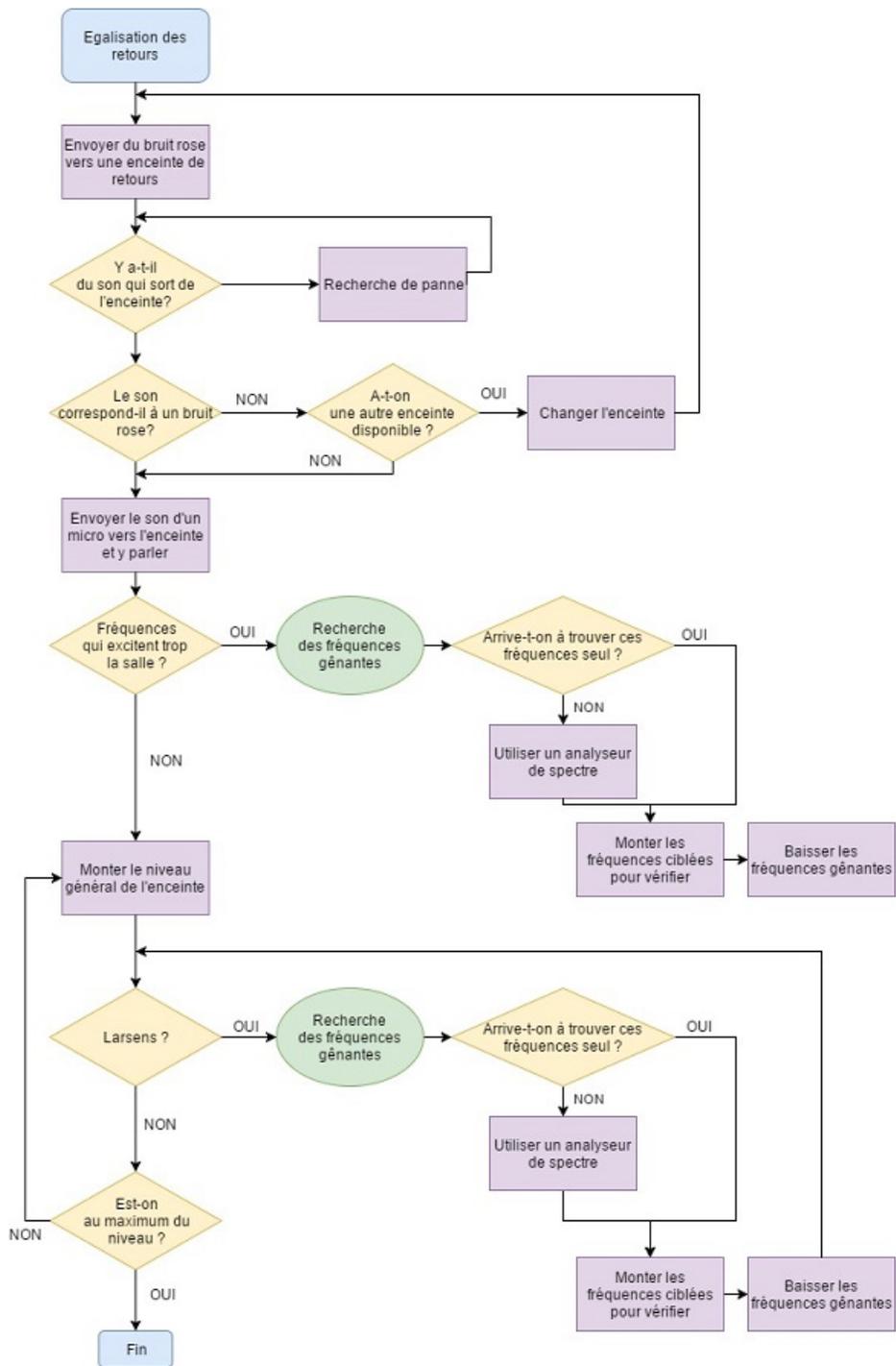
1.3 Vérification du fonctionnement des éléments extérieurs



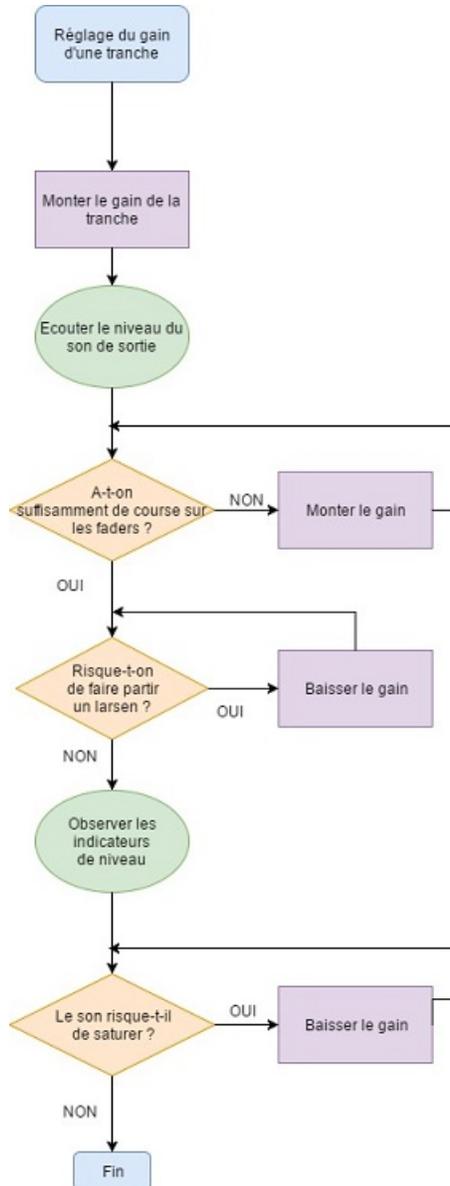
1.6.5 : Vérification du fonctionnement des sorties (Aux, VCA, Groupes, ...)



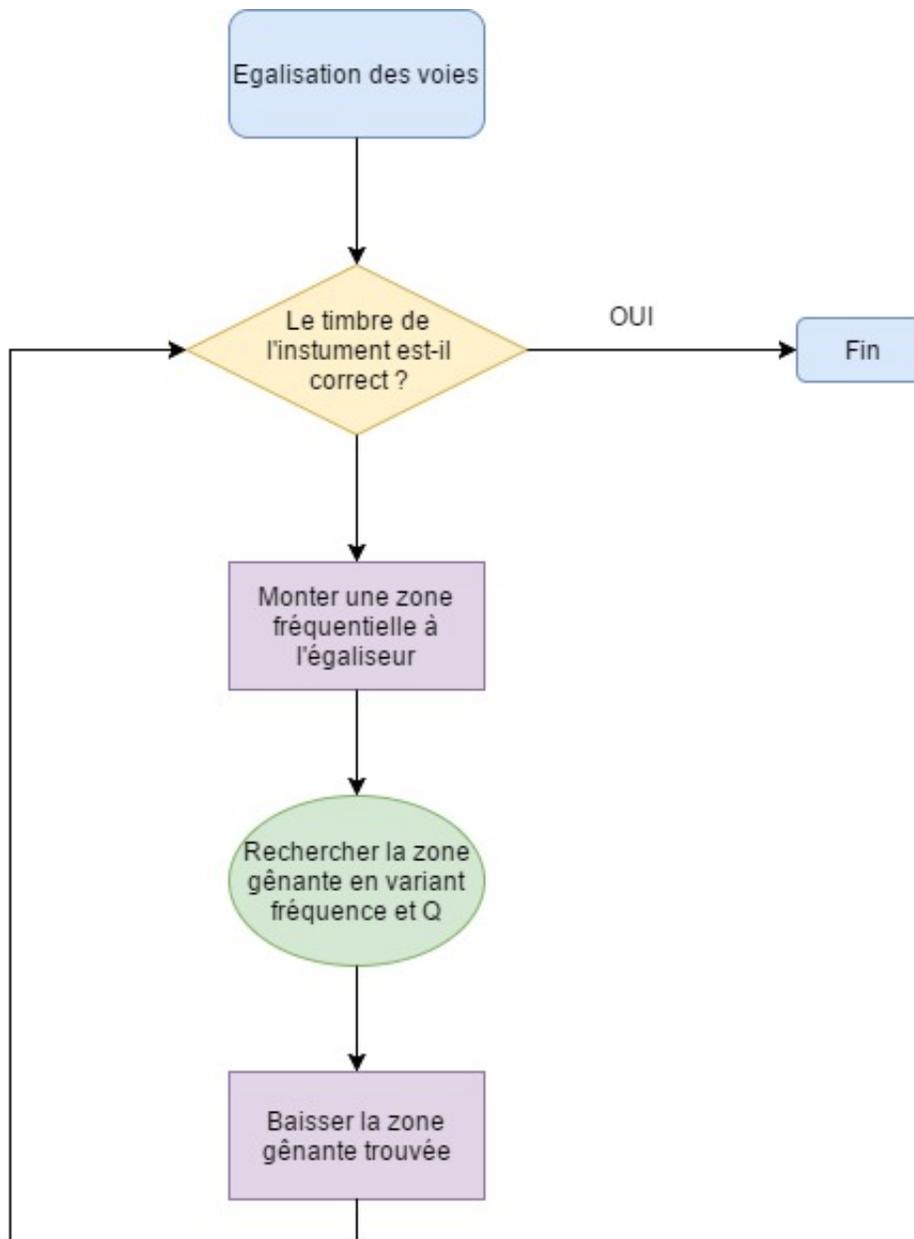
1.7 : Égalisation du système de façade



1.8 Égalisation des retours



2.1.1 Réglage du gain des tranches audio



2.1.2 : Égalisation des pistes audio

ANNEXE E : Résultats des tests des fonctions de préparation

		DIGiCo SD9					
N°	TACHE	tA (s)	tB (s)	THB	Vitesse d'exécution	Efficacité	Satisfaction
1	Faire rentrer micro sans crosspatch	55	17,5	14	0,80	4	6
2	Faire rentrer micro avec crosspatch	-	-	-	-	-	-
3	Écouter son tranche	31	16	12	0,75	4	6
4	Mise en place talkback	580	70	35	0,50	1,5	4
5	Renommer + Couleur	490	7	4	0,57	2,5	3
6	Déplacer une tranche	80	24	13	0,54	4	6
7	Faire sortir un signal mic vers la sortie principale	53	30	12	0,40	4	5
8	Égaliser le système de façade	1320	49	23	0,47	2	2
9	Envoyer du son dans l'enceinte de retours	240	108	40	0,37	2	3
10	Écouter ce qui est envoyé en retour	13	13	9	0,69	4	5
11	Égaliser le circuit de retour	155	45	29	0,64	2	3
12	Assigner l'effet à un circuit aux	105	19	10	0,53	4	5
13	Mettre en place l'effet sur une tranche	22	25	15	0,60	4	6
MOYENNES		262,00	35,29	18,00	0,57	3,17	4,50
ECARTS-TYPE		381,58	29,06	11,21	0,13	1,05	1,45

		SOUNCRAFT Vi5000					
N°	TACHE	tA (s)	tB (s)	THB	Vitesse d'exécution	Efficacité	Satisfaction
1	Faire rentrer micro sans crosspatch	526	10	7	0,70	4	7
2	Faire rentrer micro avec crosspatch	26	20	12	0,60	4	6
3	Écouter son tranche	322	12	8	0,67	3	7
4	Mise en place talkback	600	20	8	0,40	2	6
5	Renommer + Couleur	315	16	5	0,31	2,5	5
6	Déplacer une tranche	90	15	4	0,27	4	5
7	Faire sortir un signal mic vers la sortie principale	340	6	4	0,67	2	6
8	Égaliser le système de façade	83	17	8	0,47	4	6
9	Envoyer du son dans l'enceinte de retours	161	42	18	0,43	3	4
10	Écouter ce qui est envoyé en retour	23	6	2	0,33	4	6
11	Égaliser le circuit de retour	900	41	22	0,54	1	2
12	Assigner l'effet à un circuit aux	(chrono pas lancé)	22	14	0,64	4	6
13	Mettre en place l'effet sur une tranche	1980	26	11	0,42	1	4
MOYENNES		447,17	19,46	9,46	0,50	2,96	5,38
ECARTS-TYPE		550,06	11,43	5,83	0,15	1,16	1,39

YAMAHA CL5							
N°	TACHE	tA (s)	tB (s)	THB	Vitesse d'exécution	Efficacité	Satisfaction
1	Faire rentrer micro sans crosspatch	217	21	10	0,48	4	4
2	Faire rentrer micro avec crosspatch	24	13	7	0,54	4	5
3	Écouter son tranche	251	24	14	0,58	1	3
4	Mise en place talkback	61	22	14	0,64	4	5
5	Renommer + Couleur	78	19	8	0,42	4	4
6	Déplacer une tranche	30	9	6	0,67	4	5
7	Faire sortir un signal mic vers la sortie principale	79	52	14	0,27	4	5
8	Égaliser le système de façade	54	30	15	0,50	4	6
9	Envoyer du son dans l'enceinte de retours	421	24	14	0,58	2	2
10	Écouter ce qui est envoyé en retour	7	7	2	0,29	4	6
11	Égaliser le circuit de retour	41	47	20	0,43	2,5	6
12	Assigner l'effet à un circuit aux	65	16	9	0,56	4	6
13	Mettre en place l'effet sur une tranche	52	20	14	0,70	4	6
	MOYENNES	106,15	23,38	11,31	0,51	3,50	4,85
	ECARTS-TYPE	119,00	13,22	4,80	0,13	1,00	1,28

A&H Dlive S5000							
N°	TACHE	tA (s)	tB (s)	THB	Vitesse d'exécution	Efficacité	Satisfaction
1	Faire rentrer micro sans crosspatch	14	5	5	1,00	4	7
2	Faire rentrer micro avec crosspatch	119	20	13	0,65	4	5
3	Écouter son tranche	53	20	16	0,80	4	6
4	Mise en place talkback	50	18	10	0,56	3	6
5	Renommer + Couleur	16	9	5	0,56	4	7
6	Déplacer une tranche	20	8	5	0,63	4	7
7	Faire sortir un signal mic vers la sortie principale	9	9	5	0,56	4	7
8	Égaliser le système de façade	47	23	14	0,61	4	7
9	Envoyer du son dans l'enceinte de retours	145	23	11	0,48	3	5
10	Écouter ce qui est envoyé en retour	6	6	3	0,50	4	6
11	Égaliser le circuit de retour	54	30	17	0,57	4	6
12	Assigner l'effet à un circuit aux	270	16	6	0,38	4	3
13	Mettre en place l'effet sur une tranche	25	10	5	0,50	4	6
	MOYENNES	63,69	15,15	8,85	0,60	3,85	6,00
	ECARTS-TYPE	74,93	7,85	4,86	0,16	0,38	1,15

ANNEXE F : Résultats des tests des fonctions courantes

N°	TACHE	DiGiCo SD9			Soundcraft Vi5000			Yamaha CL5			D Live S5000		
		TEMPS	THERBLIGS	TEMPS	THERBLIGS	TEMPS	THERBLIGS	TEMPS	THERBLIGS	TEMPS	THERBLIGS	Moy (t)	Moy (Th)
1	Parler dans le talkback	6	3	3	2	4	2	2	2	2	3,75	2,25	0,60
2	Écouter la tranche x au casque	5	2	4	2	8	4	15	9	8,00	4,25	0,53	
3	Écouter le retour au casque	5	2	4	1	9	5	1	1	4,75	2,25	0,47	
4	Changer l'entrée de la piste x vers y	23	13	23	17	12	7	15	9	18,25	11,50	0,63	
5	Changer la reverb dans l'aux d'effets	23	10	8	6	9	5	10	7	12,50	7,00	0,56	
6	Rajouter un delay sur l'aux d'effets	41	15	12	6	35	10	30	20	29,50	12,75	0,43	
7	Mettre un coupe bas à 90 Hz sur la tranche x	16	7	14	5	6	4	9	7	11,25	5,75	0,51	
8	Activer la sortie de la tranche x vers l'aux FX	22	15	14	6	7	4	9	6	13,00	7,75	0,60	
9	Baisser le gain d'entrée de la tranche x	12	6	7	6	5	3	11	7	8,75	5,50	0,63	
10	Couper la façade au-dessus de 12 kHz	7	3	10	5	13	6	12	6	10,50	5,00	0,48	
11	Grouper deux tranches en stéréo	11	6	23	10	6	7	10	7	12,50	7,50	0,60	
12	Envoyer la tranche x dans l'aux d'effets	15	9	6	4	5	4	7	3	8,25	5,00	0,61	
13	Couper la fréq 500 Hz dans le retour	10	8	8	6	13	8	7	7	9,50	7,25	0,76	
14	Rajouter un +48V sur la piste x	7	4	10	5	16	10	11	7	11,00	6,50	0,59	
15	Baisser le seuil du comp de 10 dB	11	7	11	6	10	4	10	4	10,50	5,25	0,50	
16	Appliquer un retard de 100 ms sur la piste x	32	15	36	13	11	5	15	10	23,50	10,75	0,46	
17	Visualiser l'entrée physique de la piste x	6	4	4	2	10	4	5	4	6,25	3,50	0,56	
18	Visualiser le niveau d'entrée dans la piste micro	4	1	7	7	7	4	3	1	5,25	3,25	0,62	
19	Visualiser le niveau général de sortie	11	4	3	1	13	3	3	1	7,50	2,25	0,30	
MOYENNES		14,05	7,05	10,89	5,79	10,47	5,21	9,74	6,21	11,29	6,07	0,55	
Vitesse d'exécution moyenne (Th /s)		0,5			0,53			0,50			0,64		