

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE LOUIS LUMIÈRE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

---

# Un métier : ingénieur système

---

*Auteur*

Rose BRUNEAU

*Directeurs :*

Frank GILLARDEAUX

Guillaume DULAC

20 juin 2014

# Résumé

Avec l'évolution des technologies des systèmes de diffusion, nous avons vu un nouveau métier apparaître puis s'effacer : celui d'ingénieur système. Nous avons voulu à travers ce mémoire analyser ce métier dont la place est encore peu affirmée dans le milieu de la sonorisation.

Peu de personnes sont réellement spécialisées pour réaliser ce travail de système qui pourtant doit être mené à bien dans de multiples contextes. De ce fait, il est difficile de mesurer la totalité des responsabilités et des compétences de l'ingénieur système.

Nous avons choisi de dresser un bilan de l'activité "ingénieurs système" actuelle de nous intéresser à la légitimité de cette profession sur le marché du travail et à son avenir dans le milieu de la sonorisation.

# Abstract

Sound system technologies have totally changed these last 20 years, creating a new trade : the sound system engineer or sound system designer. Even if sound system technologies seem to be stabilized now, there are still many possibilities for a sound system engineer to perform his task.

The purpose of this thesis is to present a detailed profile of the skills of a sound system designer today and then to reflect on the pertinence of this occupation on the labour market and his future in the world of live music.

# Remerciements

Un grand merci à mes directeurs de mémoire pour leur soutien, leurs relectures, leur patience et leurs encouragements.

Un grand merci à mes parents.

Un grand merci à Boris et Jérôme pour leur accueil et leur temps.

Un grand merci à tous les professionnels qui m'ont accueillie pour leur savoir, leur temps et leur gentillesse : Laurent, Mathieu, Éric, Stéphane, Nicolas, Pierrick.

# Sommaire

<b>Résumé</b>	<b>i</b>
<b>Abstract</b>	<b>ii</b>
<b>Remerciements</b>	<b>iii</b>
<b>Préambule</b>	<b>vii</b>
<b>Introduction</b>	<b>ix</b>
<b>I Un métier : ingénieur système</b>	<b>1</b>
<b>1 Ingénieur système : état des lieux</b>	<b>2</b>
1.1 Présentation . . . . .	2
1.1.1 Les terrains d’actions . . . . .	2
1.1.2 Son rôle . . . . .	3
1.1.3 Ses status . . . . .	6
1.1.4 Ses formations . . . . .	7

## SOMMAIRE

---

1.2	Les outils . . . . .	9
1.2.1	Les appareils de mesures physiques . . . . .	9
1.2.2	Les outils de modélisation . . . . .	10
1.2.3	Les outils de mesures acoustiques . . . . .	18
1.2.4	Les processeurs . . . . .	34
1.3	Les notions théoriques . . . . .	35
1.3.1	Des notions d’acoustique . . . . .	35
1.3.2	Des notions d’électricité de puissance . . . . .	37
1.3.3	Des notions en traitement du signal . . . . .	38
1.4	La méthode . . . . .	41
<b>2</b>	<b>Du métier à une profession ?</b>	<b>52</b>
2.1	Des compétences spécifiques . . . . .	52
2.1.1	Des savoirs théoriques et pratiques . . . . .	53
2.1.2	Des savoir-faire . . . . .	56
2.1.3	Une formation officielle? . . . . .	57
2.2	Le marché du travail . . . . .	60
2.2.1	La demande . . . . .	60
2.2.2	L’offre . . . . .	61
2.2.3	La hiérarchie . . . . .	62
2.2.4	L’autorégulation . . . . .	63
2.2.5	L’impact d’une formation . . . . .	64
2.3	L’avenir de la profession . . . . .	67
2.3.1	La dynamique de la profession . . . . .	67

## SOMMAIRE

---

2.3.2 La carrière du professionnel . . . . .	69
<b>Conclusion</b>	<b>72</b>
<b>II Partie Pratique de Mémoire : Confrontations</b>	<b>74</b>
Théâtre Rutebeuf	75
The Voice	90
<b>III Annexes</b>	<b>111</b>
Conventions Collectives Nationales	112
Documentations Tehniques	118
Interview	127
Bibliogrpahie	143

# Préambule

Le travail réalisé par les ingénieurs système appartient sans aucun doute au domaine de la technique. Cependant, nous avons choisi d’orienter ce mémoire sur sa dimension relationnelle, dans une approche plus sociologique. Notre motivation première pour écrire ce mémoire découle d’un constat que nous avons pu faire suite à des observations concrètes. C’est dans ce but que nous avons voulu mettre en avant une approche axée sur l’étude de terrain et sur l’impact du relationnel dans l’exercice du métier. Nous avons cherché à rencontrer un maximum de professionnels afin qu’ils nous parlent de leur travail, de leurs méthodes et de leurs outils. Nous avons voulu en faire ressortir leur vision du métier. Notre étude se base donc principalement sur les entretiens que nous avons passés avec eux ainsi que sur l’observation de leur pratique sur le terrain.

La première partie est une synthèse sur le métier à partir des rencontres et des observations réalisées. Elle décrit un état des lieux du métier. La seconde partie renvoie à une analyse de ce que nous avons pu rapporter précédemment. Un dossier à la fin de ce mémoire synthétise deux cas concrets auxquels nous avons participé dans le cadre de la partie pratique de ce mémoire.

## CHAPITRE 0. PRÉAMBULE

---

Une des grandes difficultés rencontrées a été la confrontation à des connaissances très peu formalisées de la part des professionnels. Le second défi auquel nous avons fait face relève du fait que chaque événement représente un cas de figure unique. Nous avons tenté d'en tirer une structure et une appartenance commune.

# Introduction

Diffuser un quelconque message sonore amplifié pour un public représente un défi technique, indissociable des outils technologiques employés ainsi que des méthodes utilisées afin de les régler. L'évolution des technologies de diffusion est telle que, dans un premier temps, les systèmes sont devenus de plus en plus diversifiés, spécialisés, et ont demandé des connaissances conséquentes, diverses et spécifiques pour les optimiser. De nos jours, le marché économique a valorisé un type de système, le *line array*, et, de ce fait, par nécessité concurrentielle, sa mise en place s'en est trouvée très simplifiée. De la même manière, le travail d'optimisation des systèmes de diffusion, qui, au début de la sonorisation était avant tout empirique, s'est complexifié de plus en plus, au point, parfois, d'y dédier un métier, celui d'ingénieur système. Finalement, la valeur de son travail a été minimisée du fait de la politique menée par les constructeurs, dont la tendance a été de rendre leurs systèmes de plus en plus "*plug and play*" ("on branche, ça fonctionne"). Pourtant, faisant appel à des connaissances précises sur les technologies, en acoustique des salles, en électricité de puissance, en électronique, ce travail d'ingénieur système demande de nombreuses qualifications. De plus, son terrain d'application est très étendu dans la mesure où

il est nécessaire dès qu'il y a diffusion amplifiée, que ce soit pour des concerts de musique actuelle, d'opéra, la diffusion d'une voix, des spectacles de théâtre, ou encore des installations fixes, elles-mêmes destinées à de multiples utilisations. Autant le travail de calage de système de diffusion est reconnu, considéré et, bien entendu, réalisé à chaque installation, spectacle, sonorisation, autant le fait d'y dédier un métier, une personne, un salaire n'est pas encore courant. Il s'agira, à travers ce mémoire, de s'interroger sur les raisons qui poussent à engager ou non un ingénieur système lors de l'installation d'un système de diffusion et sur les conséquences liées à ce choix.

D'une part, du fait de la diversité d'application de cette profession, il est difficile de visualiser ce travail dans son ensemble. D'autre part, ce travail étant souvent réalisé par des personnes non spécialisées, les méthodes de calage de diffusion sont très diverses, sans qu'il y est vraiment de remise en question de celles-ci, elles sont laissées au jugement de celui qui les réalise. Il faudra donc avant tout parvenir à redéfinir dans sa globalité le travail de l'ingénieur système pour justifier de son embauche. Par l'analyse de ses terrains d'actions puis par l'observation des méthodes usuelles des professionnels, son rôle au sein des équipes de sonorisation pourra être caractérisé précisément, quelque soit le contexte dans lequel on fait appel à lui. Cela dégagera ainsi les fondamentaux théoriques indispensables à l'ingénieur système pour la maîtrise des outils de travail mais aussi pour appréhender les problématiques posées par l'installation d'un système de diffusion. Sa tâche, c'est-à-dire quels outils utiliser, quand, comment et pourquoi, sera ainsi posée. On pourra alors comprendre la nécessité de ce travail et dans quelle mesure il est essentiel qu'une personne en

soit responsable.

D'une manière générale, les métiers liés à la sonorisation sont traditionnellement appris "sur le tas", chaque professionnel étant apte à réaliser différentes tâches (mixage façade, responsable plateau, mixage retour...). Néanmoins, on voit une professionnalisation du métier d'ingénieur du son, dans tous les domaines d'application, avec la naissance de multiples formations, dont certaines reconnues par l'Etat. Cette professionnalisation a pour conséquences une valorisation de ces métiers, une reconnaissance des compétences des gens qui la pratiquent, une officialisation du travail qu'ils réalisent et une protection sociale des professionnels. En ce qui concerne le travail de l'ingénieur système, les formations sont encore très disparates, inégales, loin d'être officialisées. Définir le travail d'ingénieur système en tant que métier à part entière l'amènera à s'octroyer une réelle part du marché. Il faut pour cela, chercher à mettre en avant ce qui rend le travail de l'ingénieur système professionnel et réfléchir aux conséquences sur les pratiques d'une professionnalisation de ce travail. Il existe pour cela plusieurs définitions de la notion de profession, mais certaines caractéristiques demeurent invariantes : "*une technique intellectuelle spécialisée, qui s'acquiert au terme d'une formation prolongée et formalisée et permettant de rendre un service efficace à la communauté*<sup>1</sup>". La question des savoirs et savoir-faire spécifiques et des hautes qualifications intellectuelles nécessaires à l'ingénieur système se pose. Il s'agit de réfléchir à ses responsabilités, à sa formation, à son éthique, à la plus-value qu'il apporte au produit final, la diffusion d'un message sonore. Si profes-

---

1. réf. **Claude Dubar, Pierre Tripier**, *Sociologie des professions*, Paris, Armand Collin, 1998

## CHAPITRE 0. INTRODUCTION

---

sion il y a, il sera pertinent de s'interroger sur sa place sur le marché du travail mais aussi d'envisager son avenir dans le milieu de la prestation ainsi que les possibilités de carrière individuelle des professionnels qui pratiquent d'ores et déjà.

## Première partie

# Un métier : ingénieur système

# Chapitre 1

## Ingénieur système : état des lieux

### 1.1 Présentation

#### 1.1.1 Les terrains d'actions

L'ingénieur système (entendons par là la personne qui s'occupe d'installer le système de diffusion) a pour responsabilité le système de diffusion. Suivant le contexte, il n'est pas embauché par les mêmes personnes, n'intervient pas au même niveau, n'a pas le même bagage théorique ni le même vécu en terme d'expériences. Pour certains, c'est une tâche comme une autre, pour d'autres, il s'agit de monter leur propre entreprise afin de ne faire que de l'ingénierie système. Une raison à cela se trouve peut-être dans la diversité des contextes de travail de l'ingénieur système. Les événements impliquant une diffusion sonore peuvent être rassemblés, en terme

d'ingénierie système, en quatre grands domaines : les installations fixes, les grosses installations de l'événementiel (festivals, stades), les tournées et l'événementiel de petite ampleur. La responsabilité de l'ingénieur système diffère suivant le domaine et son employeur.

### 1.1.2 Son rôle

Le produit fini dont il doit rendre compte est un système optimisé et fonctionnel par rapport à un lieu. Son rôle est de mener à bien ce travail dans sa globalité. Il peut agir à différents niveaux sur l'ensemble «système» : son design<sup>1</sup>, son insertion dans une acoustique, son installation, son réglage. Selon le domaine d'application, son rôle sera plus centré sur un ou plusieurs de ces niveaux.

Suivant les terrains d'actions, le métier d'ingénieur système endosse différents rôles qui peuvent s'apparenter à différentes formes de prestations. On fait appel à un bureau d'études lorsque l'on souhaite investir dans une installation fixe ou lors de très gros événements qui, bien qu'éphémères, pourront être réinstallés régulièrement (scènes de festivals à grande échelle ou diffusion dans des stades). Faire appel à un bureau d'études représente un véritable coût pour les productions car celui-ci s'engage à des résultats et s'assure juridiquement en cas de dilemme sur le produit final. Une grande partie de son travail se trouve en amont de toute l'installation. Le bureau d'études a, avant tout, une activité de prescription : « prendre le besoin du client, le lui faire exprimer, lui proposer une solution technique ainsi qu'une enveloppe financière qui lui permettent de répondre à ce besoin et enfin, lui faire choisir la meilleure

---

1. manière d'agencer les enceintes entre-elles

entreprise pour mettre en place la solution technique choisie et lui démontrer que la solution qu'on lui livre répond à son besoin. » (réf. AnnexeIII). Il agit donc au niveau du *design* du système et de son insertion dans une acoustique. L'installation et éventuellement le réglage peuvent être délégués à d'autres entreprises avec lesquelles le bureau d'études travaille régulièrement et qu'il juge compétentes. Afin de s'assurer d'un résultat au plus près des attentes du client, il réalise en général une véritable étude acoustique du lieu dans lequel le système sera installé, s'entourant d'acousticiens et éventuellement d'architectes, voire même de topographes si besoin. Un travail méticuleux de modélisation du lieu est mis en place avant tout chose. Cette longue préparation avant l'étude du système à proprement parler ne se justifie que si l'attente du client est exigeante, que son besoin est clairement exprimé. Dans le cadre de grosses installations temporaires, on peut souhaiter l'intervention d'un bureau d'études si l'enjeu financier engage des responsabilités juridiques.

Les productions font aussi plus simplement appel à des ingénieurs système indépendants, qui prennent en charge l'ensemble des étapes. N'engageant pas le même coût, l'analyse acoustique des lieux est souvent moins poussée, préférant une certaine efficacité à une trop grande précision. Le rôle des ingénieurs système n'en reste pas moins primordial. Bien souvent, leur intervention sur le système arrive après le choix de celui-ci, défini alors par le prestataire et la contrainte budgétaire. Leur travail est recentré sur l'optimisation du système à travers une étude simplifiée de son *design* et de son rendu en puissance par des prévisions de réglages faites sur des logiciels de simulations, de moindre envergure que ceux des bureaux d'études, et surtout sur l'installation et l'optimisation du système dans le lieu. Ils ne travaillent

pas avec les mêmes équipes que le bureau d'étude. Leurs principaux interlocuteurs sont les productions, lorsque celles-ci les embauchent, et les prestataires qui fournissent le système et l'ensemble du matériel de diffusion. Cette collaboration joue un rôle important dans la réalisation du travail, donnant plus ou moins de latitude aux ingénieurs système pour faire des choix d'optimisation. Ces ingénieurs système indépendants sont aussi ceux que l'on retrouve sur l'événementiel de petite ampleur, qui agissent également parfois en tant qu'ingénieurs son façade ou encore ingénieurs son retours à d'autres occasions.

Dans ce contexte ils ont autant un rôle de management d'équipe et de relations humaines que d'ingénieur. L'ingénieur système met son système au service d'autres professionnels, il doit savoir adapter ses connaissances, ses exigences à celles du client qui est alors le mixeur façade. Son rôle est aussi celui d'accueillir des mixeurs, de vérifier que tout se passe comme le souhaite le client et parfois d'exploiter le système lui-même pour des premières parties de concerts.

Nous pouvons introduire une dernière forme d'ingénierie système, celle réalisée par les ingénieurs support. Ces professionnels dépendent des constructeurs des systèmes. Ils sont embauchés par eux, soit à temps plein comme salariés soit par intermittence et envoyés en mission (voire Annexe III). Leur rôle est souvent à portée didactique. L'ingénieur support vient en complément de l'équipe embauchée par la production ou le prestataire de l'événement. Il est responsable de la qualité de l'installation au regard du client mais surtout du constructeur pour lequel il travaille. Selon les cas, il peut prendre en charge la totalité du travail d'ingénieur système, de la conception à l'optimisation sur place ou venir transmettre des connaissances très précises sur

l'utilisation du système installé ainsi que l'utilisation des outils développés par le constructeur. Enfin, il doit aussi s'assurer de la transmission de son travail auprès des exploitants du système car en aucun cas il n'en prend la charge par la suite.

Ces quatre fonctions d'ingénierie système ont le même but, le bon fonctionnement du système. Les engagements pris, eux, n'ont pas la même portée, leurs conséquences non plus. Les services auxquels ils s'engagent varient, ils vont du conseil en acoustique au rôle de mixeur.

### 1.1.3 Ses status

Deux possibilités sont offertes à l'ingénieur système pour exercer son activité. Tout comme les autres professionnels du spectacle vivant une option est le statut d'intermittent. Pour celui qui travaille dans l'événementiel, ce statut reste ce qu'il y a de plus adapté à ses conditions de vie et d'emploi. La réglementation de leurs conditions de travail est dictée par les conventions collectives du spectacle vivant privé ou public<sup>2</sup> (se reporter à l'AnnexeIII pour plus de détails). La dénomination sous laquelle ils sont embauchés à proprement parler en tant qu'intermittent est, elle aussi, régit par cette convention. Pour des raisons économiques, la majorité des professionnels du milieu des intermittents sont engagés comme techniciens non cadre, seuls les responsables des équipes peuvent être embauchés au titre de « cadres » car ils répondent de l'organisation générale de l'événement pour lequel ils sont engagés.

---

2. Convention Collective Nationale des Entreprises du Secteur Privé du Spectacle Vivant et Convention Collective Nationale des Entreprises Artistiques et Culturelles

Les bureaux d'études ainsi que certains indépendants optent pour la solution de l'entreprise, de type S.A.R.L ou E.U.R.L. et se rattachent donc au régime général. Cette solution d'entrepreneur se présente dès lors que l'ingénieur système réalise et du calage système spécifique, et des études d'acoustique de salle. Il peut alors travailler pour d'autres clients que ceux du spectacle vivant et de l'événementiel et ainsi toucher le secteur public. Certains professionnels quittent le régime intermittent pour le régime général : ils ont atteint une reconnaissance suffisante dans le milieu. La structure permet aussi d'assumer juridiquement des responsabilités importantes (lors d'installations de systèmes de sécurité par exemple).

### 1.1.4 Ses formations

Les formations sont peu nombreuses. Les premières furent celles de *L-Acoustic*, le constructeur. S'inscrivant dans une stratégie commerciale (obligation de suivre la formation pour utiliser le système) elles avaient aussi pour but de s'assurer de la bonne utilisation du système. Depuis, chaque constructeur forme les professionnels à l'utilisation de ses produits spécifiques. C'est avant tout des formations commerciales qui visent à expliquer aux utilisateurs l'ergonomie des outils et des systèmes développés. Elles permettent d'optimiser l'emploi des outils dédiés aux systèmes mais n'ont pas pour but d'enseigner aux professionnels le métier d'ingénieur système. Certaines formations sont données par des organismes privés ou publiques tel que l'INA<sup>3</sup>. Elles offrent aux professionnels un rappel des bases théoriques, des notions fondamentales scientifiques sur lesquelles reposent les technologies de diffu-

---

3. Institut National de l'Audiovisuel

sion, ainsi qu'une pratique encadrée des systèmes et une manipulation des produits des constructeurs. Ces deux types de formations s'adressent à des professionnels de la sonorisation déjà en activité qui souhaitent progresser sur une compétence : l'installation de systèmes, mais aussi se former sur un nouveau système sur lequel ils vont être amenés à travailler ou encore pour se sensibiliser, en tant que développeurs de systèmes, à la manière d'exploiter leurs produits. Originellement dans ce milieu, les professionnels sont issus d'un apprentissage «sur le tas», par le contact des «anciens» et par les expériences acquises. Le besoin de former les gens de manière codée, protocolaire, est récent, l'initiative très individuelle. Pour les intermittents, ces formations privées peuvent être subventionnées par l'AFDAS<sup>4</sup>, ce qui les rend accessibles à de nombreux professionnels. Comme elles s'adressent à tout le monde, notamment à des personnes n'ayant pas fait de théorie depuis le baccalauréat, elles ne visent pas une grande maîtrise scientifique mais valorisent plus une approche pragmatique, permettant aux professionnels d'expérimenter les systèmes et de les comprendre par eux-mêmes.

---

4. Oganisme Partitaire Collecteur Agréé (OPCA) par l'État pour collecter les contributions formation des employeurs de la culture, de la communication, des médias et des loisirs. Ces contributions sont utilisées pour financer des actions de formations et de professionnalisation.

## 1.2 Les outils

La boîte à outils de l'ingénieur système va du matériel de topologies à celui de mesures acoustiques, passant par tout l'attirail du technicien. Nous aborderons dans cette partie les outils que l'ingénieur système est amené à manier lorsqu'il travaille sur un système, en amont comme lors de l'installation.

### 1.2.1 Les appareils de mesures physiques

On peut utiliser les outils de mesures physiques pour compléter les plans des lieux. Lors de l'installation, l'ingénieur système les utilise comme vérificateurs. Le télémètre laser, longue portée si possible (jusqu'à 800m), permet de mesurer les distances entre les objets, telle que la distance entre une enceinte et le sol ou entre deux murs. Le pointeur laser, parfois intégré au télémètre laser, permet de vérifier le point de visée d'une enceinte suspendue. L'inclinomètre numérique assure aussi un peu cette même tâche : il indique l'inclinaison de l'objet sur lequel il est posé (souvent une enceinte suspendue). On peut s'aider d'un rapporteur pour mesurer les angles. La température de l'air ainsi que le taux d'humidité ayant un rôle important sur la diffusion du son, thermomètre et hygromètre peuvent se révéler utiles. Le décamètre également est un outil efficace pour mesurer les distances. Par exemple, on voit souvent les ingénieurs système accrocher d'une part un décamètre en dessous de l'enceinte du bas de la ligne, d'autre part un inclinomètre sur le dessus de l'enceinte du haut de la ligne. Lorsque celle-ci est montée, ils vérifient la hauteur grâce au décamètre puis l'angle global grâce à l'inclinomètre. Le télémètre laser sera plus utilisé pour mesurer la différence de marche en un point entre deux sources placées

à des endroits différents dans le lieu afin de calculer les délais.

### 1.2.2 Les outils de modélisation

La modélisation peut se faire à deux niveaux. Il y a la modélisation en champ libre, qui s'apparente plus à un simple *shoot* de la puissance globale du système et la modélisation intégrant l'acoustique des salles dans lesquelles le système est installé. Les deux possibilités n'ont pas la même vocation.

#### Les prévisions en champ libre

La modélisation en champ libre est la plus usitée dans le monde de la sonorisation d'événementiel, que ce soit pour des concerts, des colloques ou des fêtes de village... Son concept est limité, son utilisation simplifiée. Son principe est sommaire. Il se base sur la définition d'aires d'audience qui correspondent au placement du public et d'un espace de scène. On y place ensuite des sources : les enceintes qui seront installées dans le lieu. On peut aussi y placer des « micros », c'est-à-dire définir des points précis sur lesquels on souhaite obtenir l'analyse fréquentielle. Le *mapping* que l'on obtient représente la répartition dans le lieu du niveau SPL par bande de fréquences (fig.1.3 et fig.1.4 ). Ces simulations sont faites à partir des caractéristiques des enceintes fournies par le constructeur telles que les diagrammes polaires, les ouvertures horizontales et verticales des enceintes, la sensibilité... etc. Le résultat ne donne des informations que sur la répartition du champ direct. Ce type de prévisions permet de s'assurer du strict minimum essentiel pour l'ingénieur système : il faut que l'ensemble de l'audience ait un niveau en pression acoustique suffisant et

homogène en tout points de l'aire d'écoute. Les principaux réglages accessibles dans ces types de logiciels sont :

- le type de sources
- le nombre de sources
- leur placement en 3D dans le lieu
- l'angle relatif des enceintes du *line array*
- l'angle horizontal de l'ensemble
- leur niveau relatif et le niveau général
- les aires d'écoutes
- les obstacles
- les points de mesures
- la hauteur des auditeurs (debout ou assis ?)

Le paramétrage de ce type de logiciel permet avant tout de s'assurer du choix du système pour l'événement : décider du nombre d'enceintes nécessaires, des angulations, de la hauteur et de la place de celles-ci en fonction du champ direct. Ces logiciels donnent aussi une information sur la balance tonale (équilibre grave/aigu) dans la profondeur de l'aire d'écoute (fig.1.1).

Ce type de modélisation est souvent réalisé dans des logiciels propriétaires, développés en partenariat avec des constructeurs : ArrayCalc pour les systèmes d&b, EASE Focus pour les systèmes APG, Soundvision pour les système L-Acousites, Yaxis Shooter pour Adamson... etc. Par conséquent, pour chaque fabricant, il faut prendre en main le logiciel dédié et la comparaison d'un système à un autre est complexe. En revanche, les constructeurs en ont maximisé l'efficacité et l'ergono-

mie par souci commercial. Ils sont donc très utiles pour la gestion d'informations (dossiers de préparation transmissibles contenant toutes les caractéristiques du projet : le nombre d'enceintes, leur emplacement, l'angle d'inclinaison, plan de *rigging*, projection 3D... etc). Ces logiciels intègrent notamment les calculs de poids et de viabilité des constructions type *line array* (centre de gravité par rapport au point d'accroche, fig.1.2)



FIGURE 1.1 – La ligne pointillée représente le niveau à 250Hz, la ligne pleine à 8kHz en fonction de l'éloignement à la source

5

La vocation d'une telle modélisation n'est pas tant de s'approcher au plus près de la réalité acoustique finale que de fournir un outil adapté aux ingénieurs systèmes qui ont un temps restreint de préparation pour des installations à durée de vie très courte. L'interaction avec l'acoustique du lieu sera étudiée une fois sur place.

## CHAPITRE 1. INGÉNIEUR SYSTÈME : ÉTAT DES LIEUX



FIGURE 1.2 – On voit ici que l’annulation générale n’est pas validée par le constructeur

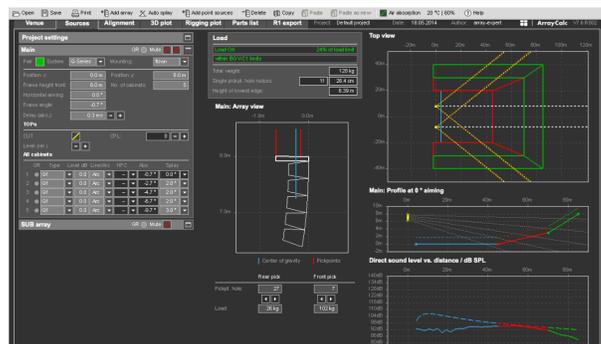


FIGURE 1.3 – Interface du logiciel Arraycalc pour les systèmes d&b

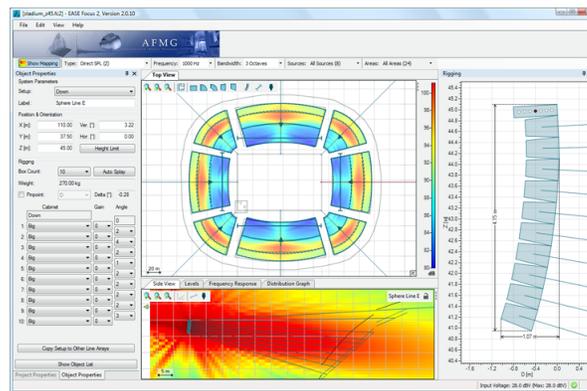


FIGURE 1.4 – Interface du logiciel EASE Focus pour les systèmes APG

### **Les modélisations acoustiques**

La modélisation acoustique est un travail beaucoup plus méticuleux. Les deux principaux logiciels commercialisés sont EASE et CATT-Acoustic. EASE a développé une ergonomie très accessible et surtout il fournit un grand panel d'informations à l'ingénieur système. Mais, l'un comme l'autre, ils permettent une modélisation poussée des salles et de leur acoustique ainsi qu'une modélisation des sources sonores et de leur rendu.

Tout d'abord, pour ce qui est de la modélisation du lieu, la philosophie est tout autre. Inspirés des logiciels Auto-CAD et Sketchup avec lesquels ils sont compatibles, les modules de conception géométrique sont basés sur la construction point à point, puis leur raccord pour en faire des surfaces. (fig.1.5). Chaque surface, ou encore face, joue un rôle dans les calculs d'acoustique. Ce type de construction oblige l'ingénieur système à s'interroger sur l'intérêt de chaque face afin de définir celles qui vont réellement être influentes sur le temps de réverbération de la salle. C'est une modélisation intelligente dont les conséquences s'expriment en temps de réalisation, en temps de calcul et en précision de la modélisation.

Ensuite, l'étape d'intégration de caractéristiques acoustiques tient une place importante. On peut à la fois agir sur les caractéristiques de chaque paroi (coefficient d'absorption et de diffusion des matériaux par bandes de fréquences de l'ordre du tiers d'octave) et sur le temps de réverbération du lieu. Les deux critères sont liés, interagissant en continu. On peut chercher à obtenir un temps de réverbération optimal en choisissant les coefficients d'absorption dans une banque de données. Si

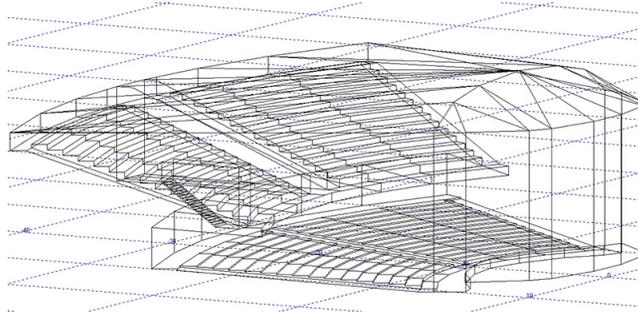


FIGURE 1.5 – Modélisation 3D d’une salle sur EASE

le bâtiment est déjà construit, l’ingénieur système va chercher à retrouver le temps de réverbération mesuré sur place, en jouant avec les matériaux choisis pour la modélisation. Une quantité de calcul est disponible pour renseigner l’ingénieur système et le client sur l’acoustique du lieu modélisé (volume du lieu, surface, absorption moyenne, libre temps de parcours... etc).

Lorsque la modélisation est terminée, on peut venir y placer des sources. Pour cela est mis à disposition une base de données, allant de stimuli vocaux à des systèmes complexes de diffusion, passant par les alarmes incendie. En ce qui concerne les systèmes de diffusion, ils sont renseignés par les constructeurs sous la forme de GLL (*Generic Loudspeaker Library*) ou encore DLL ou SPK ou CLF (*Common Loudspeaker File Format*) qui est le format le plus universel. Ces formats de données donnent accès à de nombreuses spécifications, toutes accessibles et comparables (sensibilité, réponse fréquentielle, puissance maximale, niveau SPL maximal, diagrammes polaires, index de directivité, courbe de phase, fonction de transfert, caractéristiques mécaniques... fig.1.6).

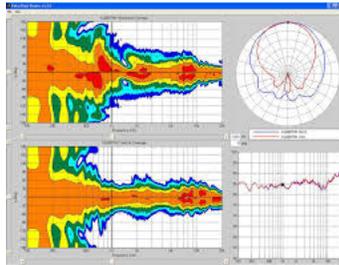


FIGURE 1.6 – Diagramme de directivité d'une enceinte

Le résultat de cette modélisation prend aussi la forme de *mapping* en couleur. En revanche, plusieurs représentations sont disponibles, notamment avec ou sans le champ réverbéré. Chaque logiciel propose un certain nombre de représentations (les niveaux SPL du son direct, les niveaux SPL totaux (direct et réverbéré), le STI et le RaSTI, le ratio champ direct/champ réverbéré, le recouvrement entre chaque haut-parleur, la portée de chacun... etc) afin de pouvoir optimiser au mieux son système dans l'espace et de présenter un dossier complet au client.

Ce *mapping* est fait soit sur la base des formules de statistiques acoustiques de Sabine et Eyring, soit sur la méthode des miroirs images (*ray tracing*), soit sur le modèle de particules (*ray radiosity*, voir fig.1.7) ou encore sur des modèles hybrides combinant une ou plusieurs de ces méthodes d'algorithmes. L'approche la plus simple est l'analyse statistique. Elle se base sur la supposition que l'énergie réverbérée est homogène dans l'espace. Les deux autres méthodes sont faites par analogie avec la lumière et cherchent à modéliser chaque rayon sonore pour en déduire toutes les réflexions qu'il va subir dans le lieu avant d'être totalement absorbé. Le temps de calcul est alors beaucoup plus conséquent, la précision bien plus grande. Cela

permet une analyse très poussée des réflexions. L'ingénieur système acousticien peut, à partir de ces analyses, agir plus en amont, par exemple sur le traitement acoustique du lieu ou en plaçant autrement sa source pour limiter une réflexion dérangeante. Ces différents algorithmes permettent d'avoir une approche globale de l'acoustique du lieu (acoustique statistique) et une approche très analytique (par rayon). Elles sont complémentaires. L'ingénieur système peut à la fois réfléchir au lieu dans son ensemble, à l'homogénéité de la couverture et se pencher sur les problèmes spécifiques liés à l'acoustique due à un agencement géométrique particulier.

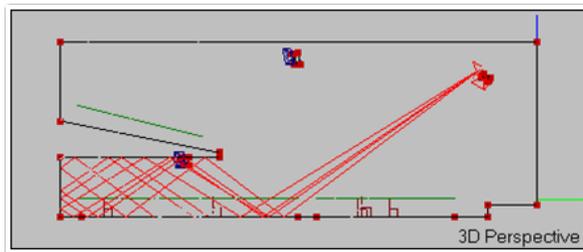


FIGURE 1.7 – Modélisation en lancer de rayons

Même si les deux types de modélisation ne développent pas la même philosophie, ils aboutissent au même résultat : fournir à l'ingénieur système les caractéristiques de son installation. Cet idéal sera plus ou moins proche de la réalité. Le traitement des données et la prise en main de ces deux grandes familles de logiciels ne sont pas du même ordre, les résultats non plus. Mais chaque méthode de simulation a réussi à cibler un intérêt différent, même si l'un englobe l'autre. L'emploi d'une "usine à gaz tel" que EASE a un coût, la question est à poser avant de se lancer dans

une telle modélisation. Est-il vraiment essentiel d'être perfectionniste à ce point pour des installations d'une journée ? Ou bien les savoirs et savoir-faire et l'intuition de l'ingénieur système peuvent-ils suffire à résoudre sur place les problèmes liés à l'acoustique pour des installations classiques ?

### 1.2.3 Les outils de mesures acoustiques

Ce sont les outils utilisés pour mesurer le système une fois installé dans le lieu. La chaîne de mesure est constituée d'un microphone, d'une interface audio-numérique et de logiciels d'analyses acoustiques. On peut y ajouter un testeur de polarité, des testeurs de ligne et d'impédance ainsi qu'un sonomètre.

Le microphone est un microphone de mesures de classe 1. Ces microphones de mesures sont caractéristiques de par leurs dimensions. Ils sont omnidirectionnels. La micro taille de leur capsule repousse les problèmes de diffraction très haut dans le spectre : leur réponse est très plate jusque dans les hautes fréquences. La classe 1 indique sa précision, la valeur de sa mesure est au dB près. Il y a 4 classes de matériel de mesures, de 0 à 3, 0 n'étant vue qu'en laboratoire car très très coûteuse. Les microphones de classe 1 se trouvent dans différentes gammes de prix, allant de la quarantaine d'euros à quelques centaines. La stabilité de leur réponse en fréquence et de la reproductibilité de leur mesure est un des critères de prix. Les professionnels de la sonorisation au sens large utilisent très couramment le Behringer EMC8000 (voir documentations techniques III), peu cher, de l'ordre d'une quarantaine d'euros. A l'opposé, on peut trouver le Earthworks M30 (voir documentations techniques III), très réputé chez les professionnels mais d'une tout autre gamme de prix, cette fois-ci

avoisinant les 500 euros.

L'interface audionumérique est l'outil qui permet de numériser les données électriques fournies par le microphone de mesures. La qualité de son pré-amplificateur est déterminante sur la qualité du signal observé, notamment par rapport au bruit de fond. La qualité de la numérisation est questionnable, les mesures sont réalisées sur le principe de la boucle : on mesure l'entrée et la sortie et on compare. Les deux signaux subissent la même numérisation, les artefacts sont annulés lors de la comparaison. Le choix est lié à une question de budget et de perfectionnisme, mais aussi à une part de marketing.

Le bout de cette chaîne de mesure est constitué par le logiciel d'acquisition. Avant, cela correspondait à des appareils électroniques puis à des logiciels spécialisés, maintenant, tout est condensé dans un ou deux logiciels. Ils peuvent être utilisés dans trois principaux types d'intervention : pour la mesure purement acoustique, pour le réglage d'un système de diffusion et pour l'exploitation de celui-ci. Le choix du logiciel pourrait s'avérer primordial pour l'ingénieur système, en réalité ils répondent tous aux exigences et sont polyvalents. Ils proposent tous la même base d'informations, augmentée ou non de modules plus spécifiques pour certaines applications. Les trois logiciels les plus couramment utilisés sont SysTune de chez AFMG, Pure Analyzer System de chez Flux et S.M.A.A.R.T. de chez EAW. Il en existe d'autres, parfois moins complets donc d'accès plus simple, parfois très spécialisé dans un domaine d'analyse (acoustique ou le temps réel). Dans cette partie seront simplement présentés les différentes informations, courbes et graphiques proposés par ces logiciels.

# CHAPITRE 1. INGÉNIEUR SYSTÈME : ÉTAT DES LIEUX

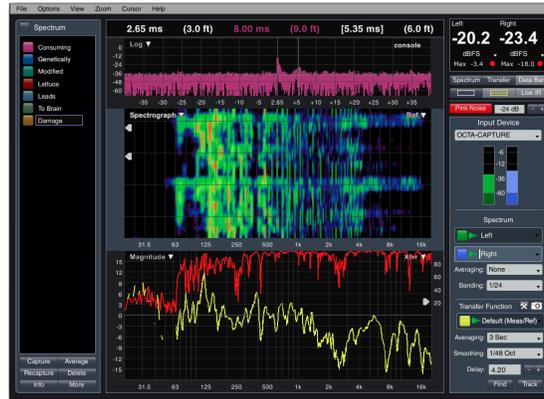


FIGURE 1.8 – Interface S.M.A.A.R.T.



FIGURE 1.9 – Interface SysTune

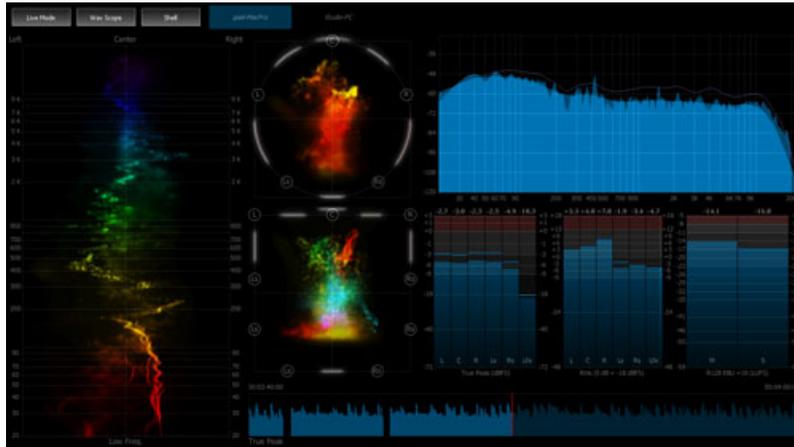


FIGURE 1.10 – Interface Pure Analyser System

Tout d’abord, les acquisitions réalisées par ces logiciels sont faites à l’aide de signaux test, soit générés par le logiciel lui-même, soit par une source extérieure. Ces acquisitions correspondent, dans tous les cas, à l’enregistrement de la réponse du système que l’on souhaite tester (*System Under Test*) à un stimuli idéal. Ce stimuli idéal correspond à la fonction mathématique dite fonction de dirac. Sa valeur est infinie au temps  $t=0$ , nulle en dehors de cet instant. Cela peut être traduit comme la modélisation d’une énergie infinie instantanée. Cette fonction purement mathématique est dans la pratique remplacée soit par une source acoustique, telle qu’un coup de feu ou l’explosion d’un pétard, soit par un autre signal qui puisse être généré par un système de diffusion. Les signaux test les plus utilisés sont le *sweep*, le bruit blanc et le bruit rose (voir fig.1.11, fig.1.12, fig.1.13). Ils ont pour point commun de contenir toutes les fréquences du spectre selon une répartition

énergétique préétablie et linéaire. Les logiciels permettent aussi d'utiliser un signal test de notre choix, comme la musique. La réaction d'un système étant grandement liée aux fréquences auxquelles il est sollicité, le fait d'utiliser comme référence un signal moins homogène en fréquence peut complexifier l'analyse des acquisitions.

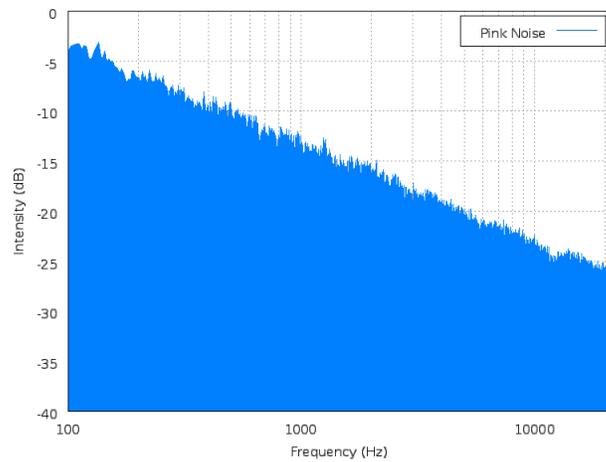


FIGURE 1.11 – Bruit rose

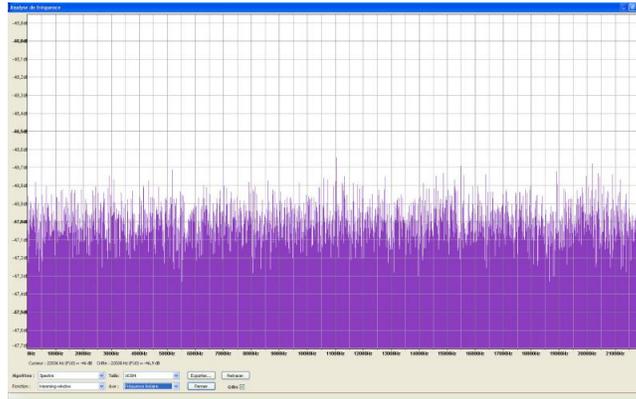


FIGURE 1.12 – Bruit blanc

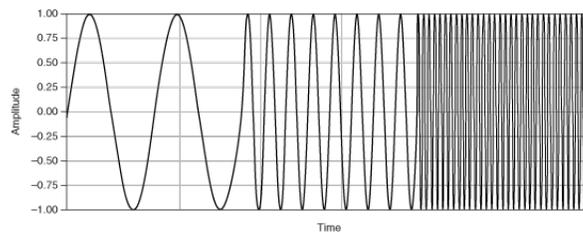


FIGURE 1.13 – Signal *sweep*

Les deux grandes informations fournies par ces logiciels suite à l'acquisition des signaux présentés ci-dessus sont la fonction de transfert et la réponse impulsionnelle du système. Ces deux grandeurs sont totalement liées, l'une étant l'analogie de l'autre entre les domaines fréquentiel et temporel. Le calcul de l'une peut se faire à partir de l'acquisition de l'autre et réciproquement, grâce à la fonction dite « Transformée de Fourier » et son inverse. Cette opération de « Transformée de Fourier » a de nombreuses conséquences qui seront analysées dans (1.3.3) car elle fait partie

des fondamentaux théoriques que l'ingénieur système est amené à manipuler. Les logiciels se basent sur l'acquisition de la fonction de transfert plutôt que sur la réponse impulsionnelle du fait de la nature des signaux test utilisés couramment. La fonction de transfert correspond au rapport entre l'entrée et la sortie du système, après transposition dans le domaine fréquentiel de ces deux valeurs. Ce rapport s'obtient très simplement : il suffit d'enregistrer simultanément dans le logiciel le signal référent (signal test soit généré par le logiciel soit par une source extérieure) et, via le microphone de mesure, le signal résultant de sa diffusion à travers le système. Ce principe est dit « Dual FFT », c'est-à-dire qu'il y a une double transformée de Fourier : celle du signal en sortie du système et celle du signal référent. Les deux signaux sont bien entendu remis en phase avant leur comparaison (fig.1.14). Cette fonction de transfert est représentée par deux informations : l'amplitude et la phase du signal. (fig.1.17)

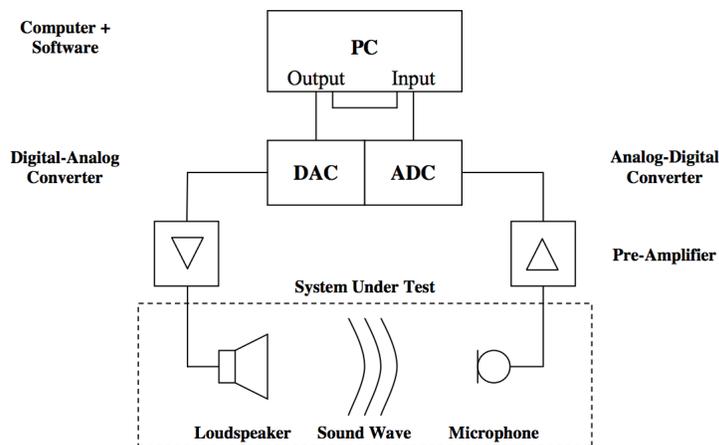


FIGURE 1.14 – Principe de la Dual FFT

L'amplitude de la FdT (fonction de transfert) est l'image la plus courante lorsque l'on parle d'analyse acoustique, elle représente l'amplitude (en décibel dB) de chaque fréquence contenue dans le signal analysé, ici la réponse du système global étudié. Il est possible de pondérer cette courbe afin de la rendre plus proche de notre perception sonore. Ces courbe de pondération permettent de compenser nos différences de perception entre les faibles niveaux et forts niveaux (fig.1.15 et son pendant fig.1.16). Elle conforte l'ingénieur dans son analyse spectrale du système. Souvent disponible en temps réel, cette information lui permet d'agir sur le système tout en observant les conséquences de ses actes. Son utilisation en temps réel sert aussi de témoin lors de l'exploitation du système, alertant l'ingénieur système autant que l'ingénieur mixeur façade ou retour sur les problèmes fréquentiels.

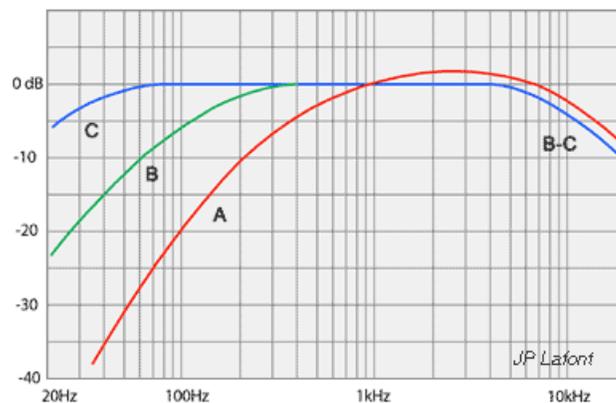


FIGURE 1.15 – Courbes de pondération

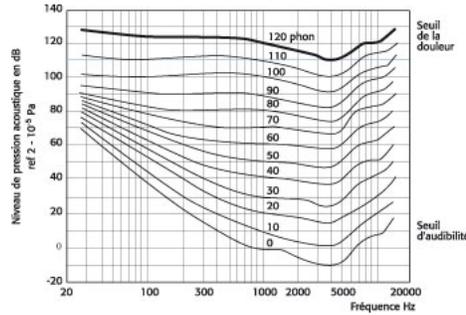


FIGURE 1.16 – Courbes isophoniques

La phase, intimement liée à l'amplitude, est la deuxième résultante directe de la FdT. La phase renseigne sur le décalage temporel induit par le système pour chaque fréquence entre le signal référent et le signal de sortie. Elle est principalement présentée sous sa forme « enroulée » (*wrapping phase*), c'est-à-dire sa restriction entre  $-180^\circ$  et  $180^\circ$  car c'est une grandeur  $2\pi$ -périodique. La phase joue un grand rôle lors de la sommation acoustique de signaux corrélés mais décalés temporellement, ce qui arrive souvent en sonorisation. L'ingénieur lorsqu'il est amené à recalculer temporellement deux sources corrélées utilise la réponse impulsionnelle puis la phase dans un souci de précision pour les fréquences dont la longueur d'onde est conséquente. Comme cette dernière est liée à la fréquence, il s'agit d'ajuster la phase relative de deux sources corrélées pour une fréquence particulière (souvent la fréquence de raccord entre les enceintes graves et les enceintes médiums). L'information de phase n'a de sens que si l'amplitude à la même fréquence n'est pas nulle.

La dernière information liée au domaine fréquentiel est ce qui est appelé

la cohérence. Sans être directement issue de la fonction de transfert, cette grandeur découle tout de même de la mesure de celle-ci. C'est une fonction mathématique qui indique la validité de la mesure à chaque fréquence. Représentée par un pourcentage ou une échelle unitaire, elle témoigne de la linéarité et de la constance du système. Son principe est basé sur une comparaison entre la réponse du système et une réponse idéale d'un système parfaitement linéaire<sup>6</sup>. Elle n'est pas à considérer comme une condition absolue mais sa valeur pondère notre lecture de l'amplitude, rappelant que cette courbe n'est pas infallible.

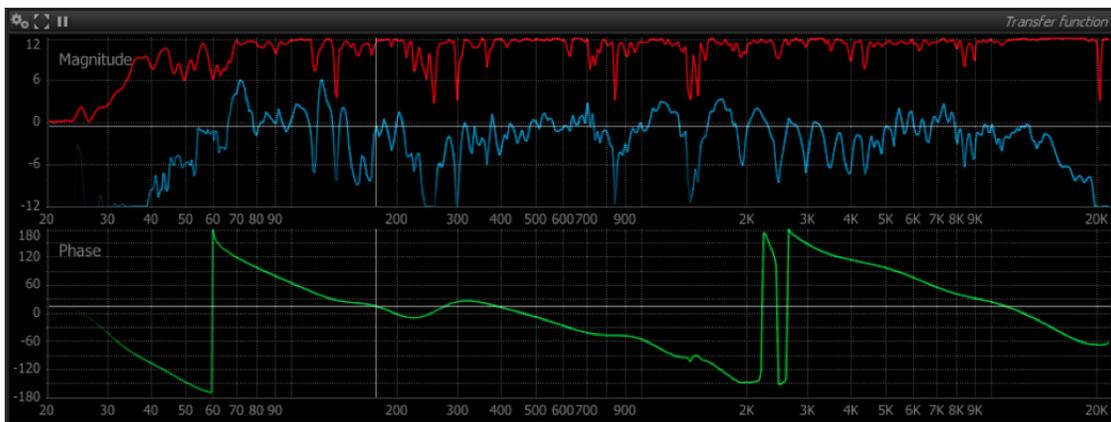


FIGURE 1.17 – Fonction de transfert

La réponse impulsionnelle (fig.1.18) est la transposée de cette fonction de transfert dans le domaine temporel. Elle renseigne donc sur l'évolution temporelle de la réponse du système, en terme d'énergie, toutes fréquences confondues. Sa représentation est une courbe amplitude/temps (l'amplitude est en pascal, échelle linéaire).

6. réf **AFMG**, *Systune Manual 1.2*, 2012

Elle est plus simple à conceptualiser que la fonction de transfert : le *Wavescope* (anciennement ce que l'on pouvait observer sur un oscilloscope) permet de visualiser sa représentation en temps réel. C'est l'enveloppe dynamique d'un son. À partir de cette réponse impulsionnelle, on peut calculer le délai de la source, c'est-à-dire le retard temporel entre le signal à temps  $t=0$  qui est le moment où il est transmis au système et le temps  $t$  où il est ré-enregistré dans le logiciel. Ce retard s'obtient très simplement en regardant le temps d'arrivée du son direct, repérable sur la réponse impulsionnelle car c'est le premier front de pression perçu par le micro. Nous noterons que la mesure de ce retard est intimement liée au placement du microphone de mesures. Ce choix de placement a une grande importance surtout lorsqu'il s'agit de remettre en phase deux sources corrélées.

Une courbe dérivée de la réponse impulsionnelle très utilisée en acoustique est l'ETC (*Energie Time Curve*, fig.1.19). Cette fois-ci c'est l'énergie au cours du temps qui est représentée. L'intérêt de cette courbe est sa nature logarithmique (un gain en fonction du temps) plus proche de notre perception sonore que l'échelle linéaire de la variation de pression. C'est à partir de cette courbe que l'ingénieur système pourra déduire les caractéristiques acoustiques du lieu, telles que le temps de réverbération, la nature des premières réflexions, l'arrivée du champ diffus, le bruit de fond, l'évolution de la décroissance de l'énergie sonore...etc<sup>7</sup>. Bien souvent, toutes les courbes du domaine fréquentiel sont disponibles en temps réel, avec comme source un des signaux test (bruit rose ou bruit blanc) ou une source extérieure, telle que de la musique. Le fonctionnement reste identique : le logiciel compare toujours l'entrée à

---

7. réf **AFMG**, *Systune Manual 1.2*, 2012

la sortie, mais les deux analyses se font en continu, les données sont constamment rafraichies.



FIGURE 1.18 – Réponse impulsionnelle

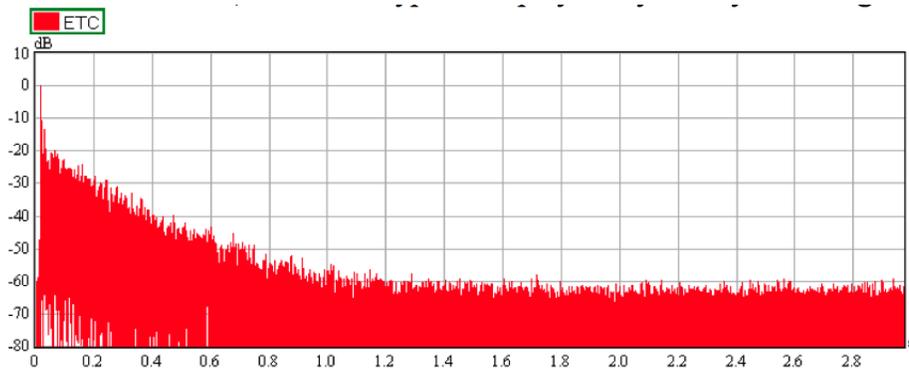


FIGURE 1.19 – ETC

Nous avons pour l'instant présenté toutes les informations disponibles mais l'utilisation du logiciel n'a pas encore été abordée. Chacune de ces mesures est dépendante du choix de placement du microphone. L'ingénieur système, responsable est l'homogénéité de la couverture, sera amené à réaliser plusieurs mesures à différentes places et il aura envie de les comparer. Tous les logiciels offrent donc des options de sauvegarde des informations. Il est possible d'afficher indépendamment chacune des courbes réalisées, mais aussi de cumuler l'affichage de celles-ci, de faire leur moyenne ou leur différence (fig.1.20). Enfin, il est possible de comparer chacune de ces courbes au signal entrant traité en temps réel par le logiciel. C'est de cette manière que l'ingénieur système travaille.

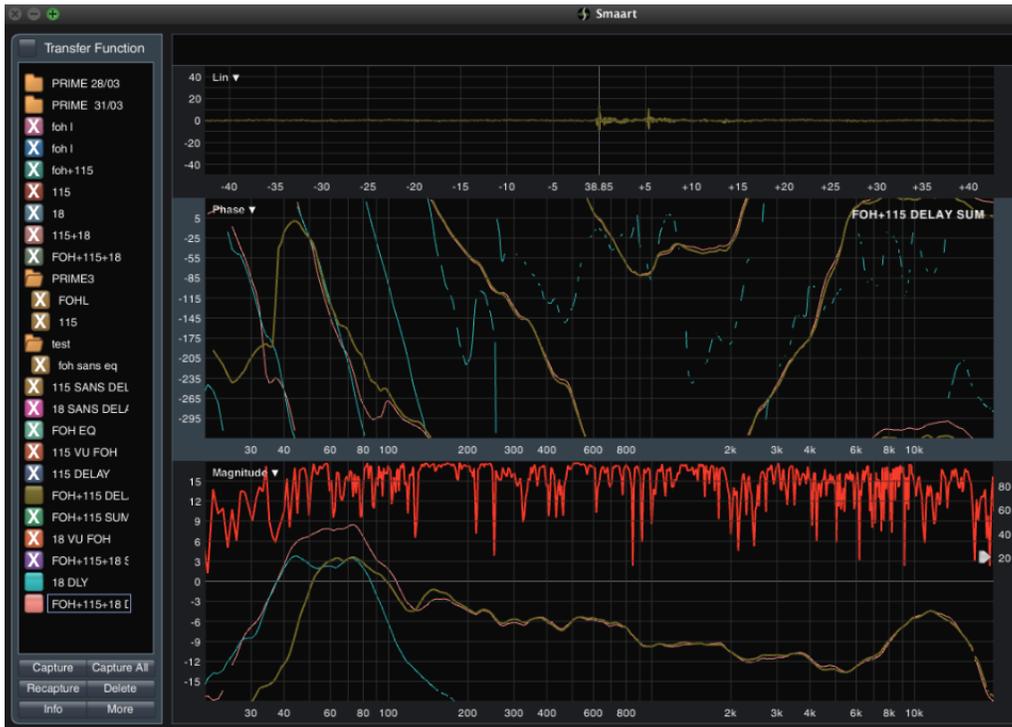


FIGURE 1.20 – Comparaison de mesures

Le traitement de toutes ces données constitue la base des logiciels d'acquisition. Ils intègrent d'autres outils de visualisation et de mesures. Nous citerons les plus courants : le spectrographe (représentation temps réel du temps/fréquences, l'amplitude étant codée en couleur, fig.1.21), des *meters* en tous genres (vu mètres, SPL-mètre, *peak-mètre*, sonomètre), le *wavescope* (fig.1.22), un sonomètre (avec sa calibration de 94dB SPL à 1kHz). Pour ce qui est de l'analyse, ces logiciels offrent parfois des possibilités de calculs intégrés et de mémorisation : les temps de réverbération par bandes de fréquences, mesures de bruit de fond, d'intelligibilité, des historiques de

niveaux sonores... etc. Nous n'avons pas réalisé ici de comparaison de performances des différents logiciels car ce n'est pas le propos de ce mémoire, mais il serait intéressant d'analyser en détail les performances de chacun et leur philosophie en matière de traitement du signal.

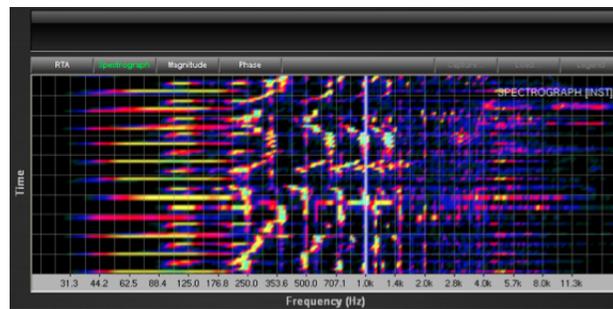


FIGURE 1.21 – Représentation du spectrographe

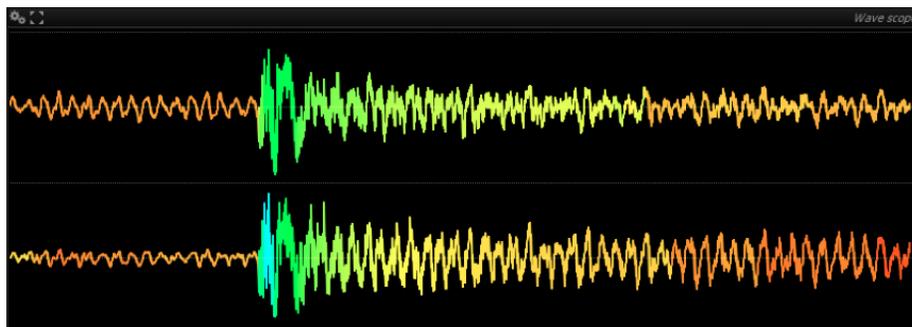


FIGURE 1.22 – Représentation du *wavescope*

Ainsi, les logiciels ont été présentés à travers leur possibilité d'affichage et d'informations disponibles. C'est leur aspect le plus immédiat. Il est possible de les utiliser

de manière très intuitive. Mais derrière ces courbes se cachent une certaine quantité de réglages : les paramétrer nécessite des connaissances théoriques. Tous les logiciels ne laissent pas la même latitude de réglage à leurs utilisateurs, limitant les mauvaises manipulations mais aussi l'optimisation et la précision des mesures. Dans la partie suivante, nous aborderons les notions théoriques sur lesquelles reposent ces logiciels.

### 1.2.4 Les processeurs

Nous avons parlé jusqu'à présent des outils que l'ingénieur système manipule pour mesurer le système. Son outil de travail principal pour agir sur celui-ci est le processeur. Le processeur intègre de multiples possibilités d'égalisations, de filtrages, de limiteurs, de *delay* et de matricage. Le principe du *processing* est de pouvoir traiter en profondeur à la fois chaque signal envoyé aux différentes contributions du système et chaque voie d'amplification. Le processeur offre pour cela un grand nombre d'entrées et de sorties. L'ingénieur système répartit son signal sur les différentes voies d'amplification. Il peut effectuer une première couche de traitement, puis une seconde sur les sorties, mais aussi sur des groupes, des matrices. Le *processing* peut être pris en charge par un appareil dédié, qui alors est compatible avec tous les systèmes, comme les processeurs des fabricants LAKE ou XTA. Ces outils sont très performants car totalement dédiés au traitement du signal.

Les constructeurs ont aussi développé leur propre *processing*. Cela peut prendre la forme d'un appareil extérieur, comme le Galileo du constructeur Meyer Sound qui peut être aussi utilisé avec d'autres systèmes. Mais, très souvent, ils ont été intégrés à la *remote* des amplificateurs. L'ingénieur système gère donc à la fois le paramètre interne aux amplificateurs et le *processing* du signal qu'il envoie à chaque voie d'amplification.

L'ingénieur système doit intégrer la philosophie du fabricant quel qu'il soit pour optimiser l'emploi qu'il fait du processeur. Quels groupes d'enceintes réalise-t-il ? Quel type de filtres doit-il insérer (FIR ou IIR) ? Quelles sont les caractéristiques des filtres paramétriques disponibles dans les égalisations ?... etc.

Durant l'optimisation, l'ingénieur agit sur le processeur pour corriger le système et mesure ses corrections, soit en temps réel soit par acquisition.

### 1.3 Les notions théoriques

Pour résumer, l'ingénieur système, s'il veut lire correctement une courbe d'analyse spectrale ou temporelle doit maîtriser chacun des éléments de la chaîne de transmission puis de réception du son. Cela commence par l'appréhension du son comme source acoustique et son analogie mécanique puis électrique. Vient ensuite sa transmission dans un espace. Cette transmission subit à la fois les lois de propagation des phénomènes ondulatoires, mais aussi les conséquences des sommations acoustiques. Ce signal transmis peut donc être enfin réceptionné par le microphone de mesures après toutes ces modifications et déformations. La dernière étape du travail de l'ingénieur système est donc d'interpréter cette courbe après une ultime transformation, sa numérisation. L'ingénieur système doit interpréter cette courbe telle qu'il la voit dans le logiciel d'acquisition mais aussi en fonction de la perception humaine et donc de ses oreilles, cela fait appel aux notions de psycho-acoustique. Voici donc le *background* qui se cache derrière le travail de l'ingénieur système. Nous n'expliquerons pas en détails chacun des phénomènes traités mais nous nous attacherons plutôt à montrer en quoi ils sont liés au travail d'ingénieur système.

#### 1.3.1 Des notions d'acoustique

La tâche de l'ingénieur système est de mettre des sources dans un espace : il se confronte nécessairement aux problèmes d'acoustique.

Tout d'abord, il doit maîtriser l'acoustique au sens d'une onde qui se propage, avec une directivité et une énergie. La connaissance de la directivité de la source lui permet d'appréhender la manière dont l'énergie sera répartie dans l'espace. Cette directivité dépend de la fréquence. Les systèmes de diffusion vont d'une directivité omnidirectionnelle pour les basses fréquences à des sources très directives pour les hautes fréquences. . Les nouvelles technologies ont poussé un meilleur contrôle de la directivité : le guide d'onde des systèmes *line source*, les configurations cardioïde pour les *subwoofer*... etc.

Plus les sources sont directives, mieux l'ingénieur maîtrisera l'homogénéité de la couverture. Sa maîtrise de la directivité lui permet de minimiser l'impact de la salle sur la sensation globale. L'ingénieur système doit connaître les fondamentaux sur l'acoustique des salles : phénomènes de réflexion, de diffraction et d'absorption. L'interaction entre une onde et un obstacle varie en fonction de la fréquence, des dimensions de l'obstacle, de sa géométrie, de la texture et de la résistivité du matériau qui le constitue... etc. Les conséquences de cette interaction sont les phénomènes de champ diffus, de temps de réverbération, d'ondes stationnaires, d'échos... etc. L'ingénieur système, lorsqu'il place ses sources dans un lieu, doit avoir en tête ces notions. Le phénomène de réflexion rejoint la deuxième grande problématique de l'acoustique : la sommation. L'ingénieur système doit avant tout comprendre et maîtriser les phénomènes de sommation acoustique. Parvenir à limiter les effets de filtrage en peigne est son plus grand défi pour obtenir une couverture homogène en puissance et en fréquence : les phénomènes de sommation varient en fonction de la fréquence et de l'endroit où l'on se place (déphasage variable en fonction de la fréquence et

décalage temporel dû au positionnement de l'auditeur par rapport aux différentes sources).

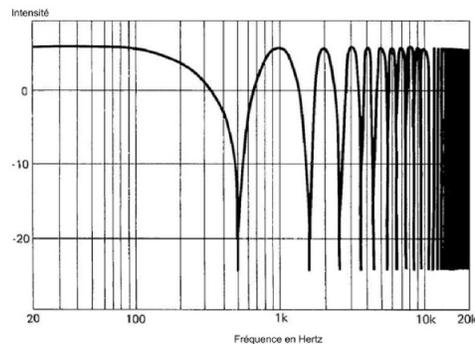


FIGURE 1.23 – Filtrage en peigne

### 1.3.2 Des notions d'électricité de puissance

Le deuxième rôle de l'ingénieur système est de fournir une puissance sonore suffisante sur une aire de d'écoute définie. Cela fait appel à la maîtrise des caractéristiques des grandeurs électriques, des amplificateurs de puissance et des transducteurs de puissance. Même si les problématiques changent avec le numérique et les nouveaux moyens pour véhiculer les informations sonores, certains phénomènes restent d'actualité. Transmettre le signal sonore implique de garder un niveau constant d'un bout à l'autre de la chaîne. Un ingénieur système doit calibrer son système, choisir le bon nombre d'amplificateurs pour le bon nombre d'enceintes, la bonne valeur d'amplification par rapport aux caractéristiques des haut-parleurs. Il doit être attentif aux adaptations d'impédance d'un bout à l'autre de la chaîne mais aussi connaître les différents régimes d'amplification. Les grandeurs manipulées sont d'un

côté des niveaux de tension, des niveaux de puissance électrique ou encore de sensibilité et de l'autre côté des niveaux de pression ou d'efficacité. La difficulté réside dans l'analyse de chacune de ces grandeurs. Par exemple, l'efficacité (1W 1m) c'est le niveau de pression (dB SPL) que l'enceinte fournit lorsqu'elle est alimentée par une puissance d'un watt à un mètre de distance. Elle nous informe sur la puissance globale de l'enceinte. Ces données constructeurs permettent deux choses : optimiser la chaîne d'amplification et s'assurer de ne pas mettre en danger les haut-parleurs. Par exemple, à la vue des documentations techniques, mettre un amplificateur surdimensionné pour une enceinte ne sert à rien, car celle-ci est limitée pour ne pas s'abîmer.

### 1.3.3 Des notions en traitement du signal

L'ingénieur se heurte à une dernière difficulté lorsqu'il travaille : lire correctement, donc paramétrer correctement les analyses des logiciels d'acquisition. Ces logiciels se basent sur la décomposition en éléments simples des séries de Fourier pour analyser le phénomène sonore. Pour simplifier, on dit que n'importe quel signal audio complexe peut se décomposer sous la forme de la somme de signaux sinusoïdaux de fréquence et d'amplitude propre. La notion de fréquence est liée à celle de cycle, qu'il soit temporel ou spatial (longueur d'onde ou période). Cela veut dire que pour analyser la composition spectrale d'un signal, il faut l'observer sur une certaine durée. La fréquence d'échantillonnage (*sampling rate*) et la taille de la fenêtre utilisée pour la transformée de Fourier (*FFT size*) influent sur la résolution ainsi que sur la largeur de la bande de fréquence de l'analyse. La fréquence d'échantillonnage est liée à la

numérisation du son (échantillonnage puis quantification) et détermine la plus haute fréquence qui pourra être considérée dans le traitement (fréquence de Nyquist) : elle correspond à la fréquence à laquelle le convertisseur va relever l'amplitude du signal. La taille de la transformée de Fourier joue un rôle dans le passage du temporel au fréquentiel, elle détermine la fréquence la plus basse qui pourra (FFT) être observée dans l'analyse spectrale : c'est le temps pendant lequel le signal est enregistré afin d'être passé dans le domaine fréquentiel. La résolution résulte du nombre de points qu'il peut y avoir durant le temps de fenêtrage de la transformée de Fourier : c'est la résolution fréquentielle de l'analyse spectrale. Notre perception sonore est proche de l'échelle logarithmique. Il peut être intéressant d'avoir une résolution constante par octave et non pas linéairement. C'est le paramètre "*constant Q*" ou encore PPO<sup>8</sup> (*fixed Point Per Octave*). Ce paramètre vient contrôler le temps de d'acquisition. Celui-ci, au lieu d'être fixe, varie en fonction de la fréquence. Pour obtenir une grande résolution dans les basses fréquences, il faut un long temps d'acquisition, alors que pour les hautes fréquences, un temps court suffit. Le PPO permet de fixer la résolution, la *FFT size* diminue avec la fréquence.

L'ingénieur système doit aussi comprendre la fonction « fenêtré » de la FFT car c'est un paramètre modifiable dans tous les logiciels d'acquisition et dont l'influence est mesurable en terme d'analyse fréquentielle. La FFT est basée sur une analyse d'un signal supposé périodique et infini. Le début comme la fin de la fenêtré de la FFT n'ont alors pas d'influence sur la lecture du signal. Peu importe où on le lit, il est identique, à condition qu'on puisse lire un cycle complet. Or, dans la

---

8. réf. **Bob McCarthy**, *Sound systems : design and optimization*, Canada, Focal Press, 2007

réalité, les signaux qui sont analysés ne sont ni périodiques ni infinis. Réaliser une FFT oblige à une troncature du signal. Afin de limiter les artefacts dus à cette troncature, on applique un fenêtrage au signal, c'est-à-dire qu'on multiplie le signal à une fenêtre qui vient ouvrir et fermer le signal. Il y a autant de manière d'ouvrir et fermer le signal qu'il y a de fenêtre. Cela limite les effets d'échos, d'*aliasing*.

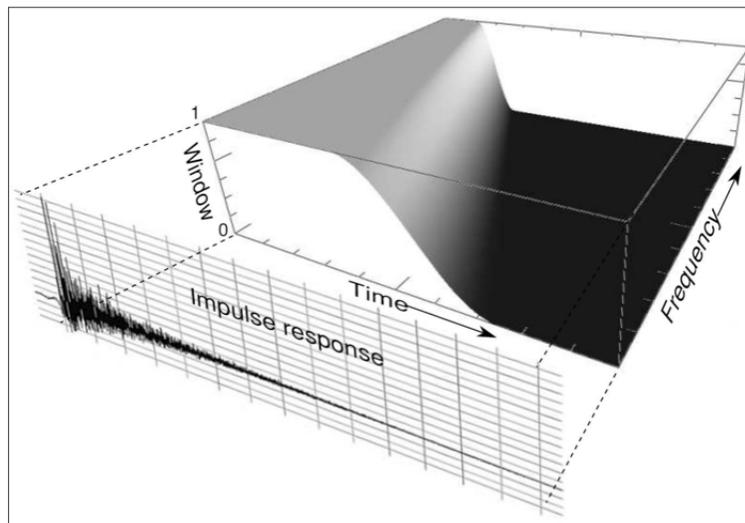


FIGURE 1.24 – Représentation de la fenêtre *Tukey* de la FFT

### 1.4 La méthode

La responsabilité de l'ingénieur système est le système de diffusion quelque soit le domaine d'application et quelque soit le contexte dans lequel on fait appel à lui. On pourrait penser que les méthodes diffèrent suivant les contextes, les personnalités, les clients. Nous dirons plutôt que les réglages diffèrent suivant ces paramètres. Que ce soit en terme de complexité d'installations, de dimensions des aires d'audition, de types d'événements, la démarche de l'ingénieur système reste la même. La présentation de cette méthode très générale nous permet de résumer à la fois le rôle, les outils et les notions utiles au professionnel pour réaliser son travail ainsi que les liens entre ces trois informations. On suivra un déroulement temporel de cette méthode.

#### **Première étape : Évaluation des besoins**

Il s'agit d'analyser la demande du client et d'en tirer les besoins qu'il ne saura pas exprimer en terme de système. Celle-ci peut être très rudimentaire et l'ingénieur système doit connaître toutes les contraintes qu'elle implique. Cela passe par des intuitions, un savoir acquis par la pratique, mais aussi par une discussion avec le client. Il faut maîtriser le langage du client et le transposer dans le domaine du système. La jauge, définie par le type et la grandeur de la salle, doit être transposée en critères objectifs de dimension de zone d'audience, en dimensionnement du système en terme de puissance puis en un nombre d'enceintes donc en un budget prévisionnel. Les informations indispensables que l'ingénieur système doit tirer de la demande sont tout d'abord le type d'évènement (installation fixe, concert, discours, pièce

de théâtre, plateau de télévision, système de sécurité... etc), puis la dimension de cet événement (stade, amphithéâtre, salle de conférence, salle des fêtes, salle de concert nationale... etc) et la jauge (nombre maximal de personnes présentes lors de l'événement). Après analyse des besoins, plus précisément s'il s'agit d'un concert, il faudra définir le type de sonorisation attendu (simple renforcement sonore ou réelle amplification de puissance) qui découle du genre musicale mais aussi des directives artistiques du client. On n'amplifiera pas de la même manière un concert de jazz qu'un concert de rock. À la fin de cette évaluation, il est bon d'avoir en tête une enveloppe budgétaire approximative qui soit compatible avec le budget prévu par le client.

Cette étape d'évaluation est réalisée différemment suivant le contexte. Si c'est un bureau d'études qui prend en charge la demande du client, beaucoup de temps sera passé pour définir les besoins de celui-ci (par exemple normes très exigeantes s'il s'agit d'installer des systèmes de sécurité incendie).

S'il s'agit d'un événement de petite ampleur (concert d'un soir ou vidéo-conférence, fêtes privées... etc), bien souvent la demande du client sera traitée par le prestataire de matériel de diffusion qui répondra à l'offre. L'ingénieur système doit alors parlementer avec le prestataire qui s'est chargé de l'analyse de la demande pour définir les besoins matériels qui en découlent.

Lors de tournées, le besoin de l'artiste en terme de système est évalué une première fois et peut éventuellement être complété pour des lieux plus imposants.

Dans le cadre d'un festival, l'ingénieur système cherche à répondre aux exigences des multiples clients, quitte à choisir une solution intermédiaire qui répond

à tous les besoins. C'est le roi du compromis...

### **Deuxième étape : Modélisation et prévisions**

Ayant déjà abordé la question du principe des logiciels de modélisation et de prédiction, nous nous pencherons sur le déroulement de cette étape. Si l'ingénieur système peut se permettre une modélisation de l'acoustique de l'espace dans lequel aura lieu l'événement, il doit avant tout récupérer les plans topographiques de l'espace de diffusion. Si ces plans ne sont pas disponibles, il peut toujours faire appel à des topographes afin de les faire relever sur place. La deuxième étape consiste en la modélisation de la structure uniquement, soit de longues heures sur des logiciels de CAD (*Computer Aided Design*).

Ensuite, il s'agit de rentrer les données acoustiques du lieu, son temps de réverbération mesuré, les caractéristiques acoustiques des matériaux qui seront utilisés sur les faces. Le but de cette manipulation est d'obtenir soit une modélisation au plus proche de ce qui existe déjà, soit de proposer avec un architecte et un acousticien un modèle acoustique qui pourra permettre de répondre au besoin du client.

Une fois ce modèle construit, l'ingénieur va pouvoir positionner virtuellement des sources dans ce lieu et à visualiser leur rendu. C'est lors de ces prédictions que l'ingénieur système détermine l'emplacement puis le design des sources qu'il choisit. Lorsqu'il y a eu une modélisation du lieu, le choix de l'emplacement se fait en fonction des obstacles et des réflexions que l'on peut prévoir immédiatement. Lorsqu'il ne réalise que des prédictions sur des aires d'audience, l'ingénieur système

définit l'emplacement seulement aux vues du résultat sur l'aire (sauf contraintes de fixations données). Il peut faire des repérages, ce qui lui permet d'anticiper les problèmes acoustiques qu'il rencontrera lors de l'installation.

Lors du *design*, il doit tenir compte du budget, qui vient souvent limiter ses possibilités (nombre d'enceintes), de l'accessibilité et du temps d'installation. *Designer* son système peut être simplement de mettre ses enceintes les unes avec les autres et améliorer le résultat qui apparaît sur le *mapping*. Avec les nouvelles techniques de diffusion, ce travail de prévisions demande des connaissances en acoustique et en propagation sonore afin de comprendre ce qui est affiché par le *mapping* (*point source* qui s'oppose à *line source*). S'il maîtrise les principes physiques de répartition de l'énergie sonore le long des lignes sources ou des *line arrays*, il sera plus apte à devancer les problèmes de couverture fréquentielle qu'il devra résoudre lors de l'installation. La projection sonore des lignes sources ne dépend pas seulement du diagramme polaire de l'enceinte utilisée mais du *design* complet de l'ensemble des enceintes liées<sup>9</sup>.

### **Troisième étape : Validation par le client**

Une fois ces prédictions terminées, il s'agit de montrer au client que les solutions correspondent à son attente. Les logiciels de prédictions et de modélisation aident cela en proposant un grand nombre de courbes et de projections. L'ingénieur système peut donc préparer un dossier complet avec d'une part les contraintes techniques et d'autre part les résultats attendus. Lorsqu'il s'agit d'études pour des

---

9. réf **Urban M., Heil C., Bauman P.**, "Sound Field Radiated By Multiple Source Array.", *AES PrePrint 92 th Convention*, Mars 2012

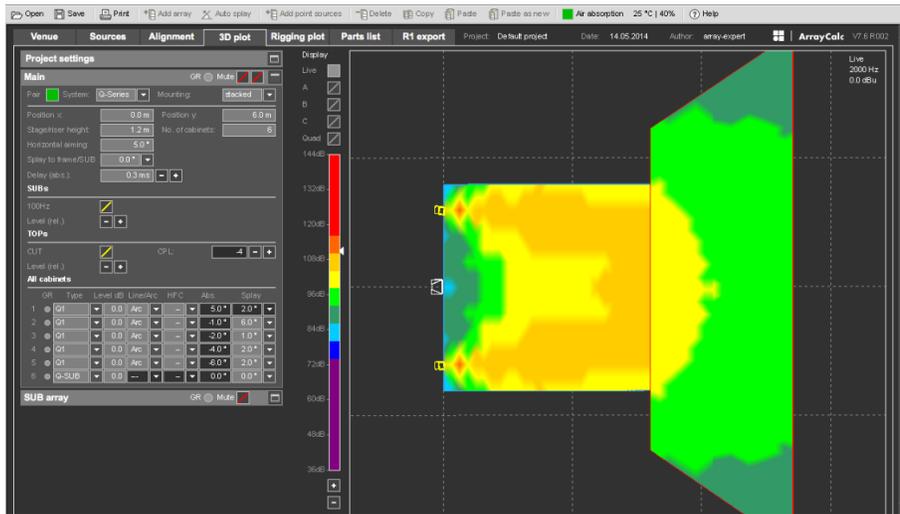


FIGURE 1.25 – Exemple de *mapping* lors de prévisions pour le théâtre Rutebeuf

installations fixes ou pour des gros chantiers, cette étape est très importante. Pour les événements de petite ampleur, l'ingénieur système se mettra en accord directement avec le prestataire choisi par le client.

### Quatrième étape : Choix des prestataires

Cette étape peut se faire au tout début de la démarche. Cela dépend du client et de sa demande. S'il contacte un bureau d'études, celui-ci pourra lancer un appel d'offre ou alors conseiller un prestataire en qui il a confiance. Dans le cadre de tournées, le client peut choisir de s'adresser à un prestataire qui lui proposera des professionnels pour utiliser son matériel. L'ingénieur système va donc travailler avec la contrainte de ce prestataire dès le début, comme pour les petits événements. Parfois, le client décide de s'adresser avant tout à un ingénieur système qui, selon

son autorité, aura plus ou moins de latitude pour choisir le matériel du système en fonction des besoins qu'il aura estimés.

### **Cinquième étape : Transmission du projet**

L'ingénieur système se doit de transmettre le projet qu'il a prévu pour l'installation. Ce projet doit parvenir au client mais surtout au reste de l'équipe et aux autres groupes professionnels qui participent au projet général. Car le système de diffusion ne s'installe pas tout seul, il est souvent accompagné de structures, de décors, de lumières. La transmission notamment des points d'accroche des moteurs lorsque le système est suspendu est très importante car ceux-ci sont installés bien avant l'arrivée de l'ingénieur système. De même, il faut vérifier que l'emplacement du système de diffusion est compatible avec l'emplacement des lumières et des décors. Selon ce qui est le plus important pour le client, il faudra s'arranger en cas de conflit.

### **Sixième étape : Installation**

L'ingénieur système est souvent le seul membre de l'équipe son. Il doit coordonner son équipe de montage : *rigger*, *road*, électroniciens... etc. Avant de tout mettre à hauteur, il doit s'assurer de la bonne place et du bon fonctionnement de chaque élément. Chaque haut-parleur est-il en bon état, connecté à la bonne voie d'amplification ? Sont-ils tous dans la même polarité (pas d'opposition de phase entre les graves et les aigus par exemple) ? Une fois l'ensemble monté, il peut vérifier hauteur et angle à l'aide de décamètre, inclinomètre, télémètre laser... etc. L'ingénieur va pouvoir travailler seul ou avec son assistant.



FIGURE 1.26 – Installation du système UNILINE sur le plateau de l'émission The Voice

### **Septième étape : Réglage et optimisation**

C'est l'étape la plus personnelle du travail de l'ingénieur système. C'est ici qu'il fera ses choix subjectifs et le plus de compromis. Le réglage comporte plusieurs paramètres. Il y a deux manières de régler et d'optimiser le système : avec les mesures acoustiques et avec les oreilles. Souvent, les ingénieurs système se servent des deux. Ces deux outils sont complémentaires. L'ingénieur système passe son temps à osciller

entre les deux outils. Il écoute, vérifie son écoute à la mesure, corrige puis réécoute pour vérifier sa correction (voir en détail dans la partie II).

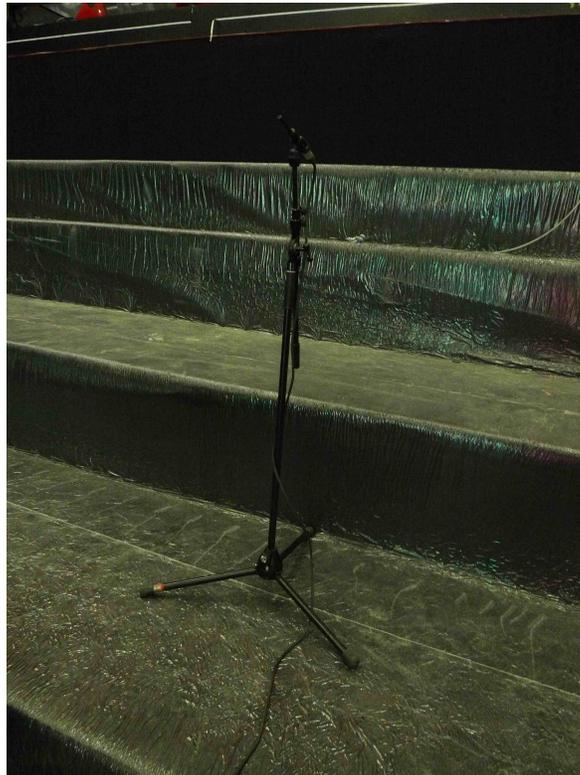


FIGURE 1.27 – Microphone de mesures sur le plateau de l'émission The Voice

Lors du réglage et de l'optimisation du système, l'ingénieur système vérifie tout d'abord la puissance générale puis l'homogénéité de la couverture sur la totalité de l'aire d'écoute, en puissance et en fréquence. Pour améliorer cette homogénéité il peut agir sur différents paramètres : la couleur spectrale des enceintes, leur niveau relatif, leur retard relatif. Ses trois paramètres sont interdépendants. Si on baisse le

niveau d'une enceinte, sa couleur spectrale va changer. Si on retarde une enceinte, la sommation acoustique résultante sera différente, le rendu spectral aussi. Enfin, si on égalise une enceinte, cela peut influencer son retard et la perception de son niveau relatif. Agir sur un paramètre implique nécessairement de vérifier les deux autres. Les méthodes pour obtenir un compromis entre tout ça diffère d'un professionnel à l'autre. Les logiciels d'acquisition assistent l'ingénieur système pour les calculs de remise en temps et en phase des sources et pour la lecture des accidents fréquentiels. Pour vérifier l'homogénéité à la mesure, l'ingénieur système réalise différents points de mesures, à différents emplacements stratégiques. Il peut décider de chercher à moyenniser ces points et à travailler à partir de cette moyenne ou de se fixer un point essentiel et d'essayer de reproduire le même rendu partout. La mesure peut se faire avec un seul microphone que l'on déplace. Certains professionnels réalisent un maillage de microphones pour faire des mesures simultanées

La première étape est souvent de s'occuper du *crossover* fréquentiel entre le système principal, suspendu majoritairement, et les *subwoofers* installés au sol bien souvent. Si les *subwoofers* sont mis pour une configuration cardioïde, il faut régler les délais relatifs avant. Le réglage du *crossover* fréquentiel dépend de la fréquence de raccord choisie, des types et de l'ordre des filtres utilisés, du niveau relatif entre les deux sources et enfin de la phase des deux signaux à la fréquence de raccordement, donc du choix de l'emplacement du microphone de mesures à partir duquel la remise en phase sera réalisée. Voilà déjà autant de choix que d'ingénieurs système. Ce premier réglage est plein de conséquences pour le rendu sonore final, plus ou moins prévisibles, qui sont de l'ordre du masquage fréquentiel, du filtrage

ou encore du déséquilibre fréquentiel.

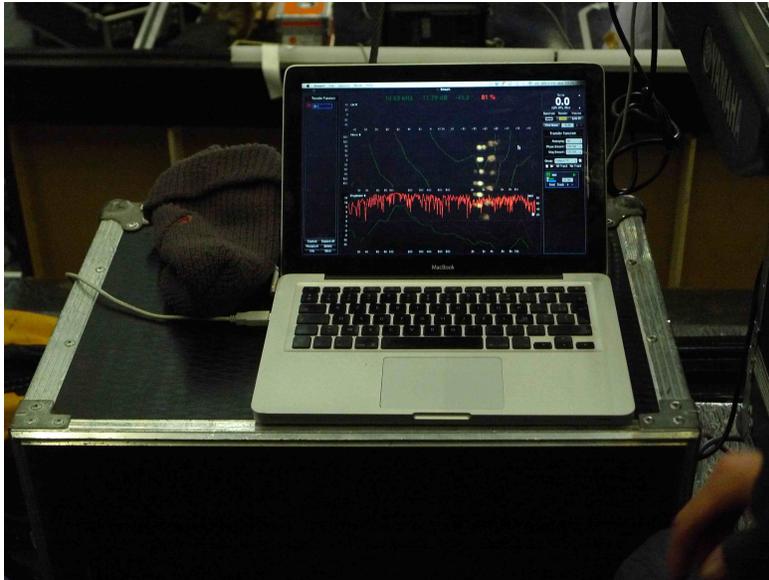


FIGURE 1.28 – Logiciel S.M.A.A.R.T. sur le plateau de l’émission The Voice

Une fois le système principal optimisé, l’ingénieur système peut s’attaquer aux enceintes de rappels, disséminées un peu partout dans le lieu. Les réglages de ces rappels sont les remises en temps et en phase, leur couleur et leur niveau relatifs. Le but de ces rappels est de renforcer l’intelligibilité sans que l’auditeur ne les perçoive. Cela signifie simplement que la localisation ne doit pas être gênée par ces rappels, pour l’auditeur, le son doit toujours provenir de la scène sans manquer ni de clarté ni de précision, renforcées par le rappel.

### **Huitième étape : vérification et validation**

Cette étape peut être très simplifiée lorsqu'il s'agit d'installations pour des concerts ou des petits événements. L'accueil du mixeur sert de validation pour les systèmes de sonorisation de concert. S'il est satisfait du système, le travail de l'ingénieur système est validé. Sinon, le mixeur peut décider de tout refaire, soit lui-même, soit avec l'ingénieur système s'il est là. Dans le cas de gros chantiers ou d'installations fixes avec des attentes normées, il y a une véritable vérification avec à nouveau des mesures acoustiques. Cela concerne notamment les critères d'intelligibilité (RaSTI, STI, temps de réverbération... etc.) pour les installations de systèmes de sécurité par exemple ou pour des salles de conférences de gros investissement, des diffusions dans des stades... etc.

## Chapitre 2

# Du métier à une profession ?

Le terme de profession, dans la langue française, a différents sens. Que ce soit par son origine religieuse, la profession de foi, ou par sa connotation pragmatique de « gagne-pain », l'idée de profession joue un grand rôle dans la classification et la hiérarchie des hommes au sein de la société mais aussi dans l'identification des êtres humains à un groupe qui partagent les mêmes valeurs. Une profession ne peut être déclarée comme telle qu'à la condition d'obtenir la reconnaissance de sa spécificité et de sa nécessité par les autres groupes professionnels qui l'entourent. ([?],p13)

### 2.1 Des compétences spécifiques

L'ingénierie système, tel que nous l'avons présentée jusqu'à maintenant, est de manière certaine une tâche spécifique qui demande des outils spécialisés et une maîtrise de ceux-ci. Nous allons nous attacher à mettre en avant ce qui en fait une profession autonome en terme de compétences.

### 2.1.1 Des savoirs théoriques et pratiques

Tout d'abord, nous nous attarderons à résumer les différents types de savoirs dont l'ingénieur système peut avoir besoin. Il y a d'une part le savoir, les connaissances théoriques et d'autre part le savoir-faire. Nous allons nous intéresser dans un premier temps au savoir théorique dans sa dimension scientifique qui rassemble toutes les notions que l'ingénieur système doit connaître et/ou maîtriser. Comme nous l'avons mis en avant précédemment, la quantité de notions à laquelle il est confronté est très dense, nous en avons présenté leurs grands traits lors de (1.3). Nous pouvons les répartir comme suit : la connaissance des outils, celle des sciences appliquées et enfin celle des sciences pures.

Les sciences pures semblent indispensables à la pratique de l'ingénierie système, dans leur maîtrise très scolaire, dans la manipulation de formules et dans la résolution d'exercices théoriques. Même si la maîtrise de ce savoir abstrait n'est pas directement utile, c'est un pré-requis pour comprendre les sciences plus appliquées telles que l'acoustique, l'électronique, le traitement du signal... etc. Par exemple, qu'il s'agisse des zones de sommation, des lois de répartition de l'énergie sonore le long des systèmes, du principe des guides d'onde, l'ingénieur a affaire à l'acoustique. Maîtriser la physique ondulatoire permet d'avoir le recul nécessaire pour mieux appréhender les phénomènes acoustiques qu'il doit traiter. Le traitement du signal basé sur les analyses de Fourier fait appel à des lois mathématiques. La connaissance de celles-ci permet de comprendre les limites de cette décomposition lorsqu'on l'applique à des phénomènes réels. Si l'ingénieur système est à même d'acquérir un tel

recul scientifique, il pourra plus facilement faire le lien entre tous les phénomènes et les paramètres qui jouent un rôle lors de la diffusion d'un message sonore amplifié.

L'expertise dans des sciences plus appliquées telles que l'acoustique, l'électronique ou le traitement du signal, analogique comme numérique, est une condition sine qua non pour dominer les phénomènes et les outils spécifiques à cette profession. L'ingénieur système doit faire le lien entre ces sciences et tous les paramètres sur lesquels il peut agir (égalisation, décalage temporel, directivité des sources, type de sources... etc.). Il relie d'une part les différentes informations apportées par la mesure entre-elles et d'autre part son action et la mesure. Par exemple, comprendre les fiches techniques des éléments de la chaîne d'amplification demande à l'ingénieur système une maîtrise de l'électronique et de l'électricité de puissance. L'optimisation des outils de mesures demande des compétences en traitement du signal. Manipuler ces paramètres permet d'obtenir plus de précision sur la mesure à partir du moment où l'on maîtrise leur sens et leur action.

Enfin, l'ingénieur système est une personne de terrain, il doit maîtriser l'utilisation et le paramétrage de ces outils en pratique comme en théorie. Il s'agit très simplement de comprendre chacune des informations apportées par les outils de mesures et d'en connaître la mise en pratique, que ce soit en amont de l'installation lorsqu'il conçoit le système ou sur place lorsqu'il l'installe et l'optimise. Du point de vue de la chaîne de diffusion, l'ingénieur système doit connaître chacun des éléments qui la constituent, leur fonction et leurs caractéristiques, et enfin savoir l'organiser et la préparer.

En cumulant ses trois degrés de connaissances, l'ingénieur système peut alors mettre ses compétences au service de l'exigence du professionnel qui exploitera le système. Là est la réelle spécificité de l'ingénieur système : faire le lien entre technique, sciences, technologies d'une part et attentes du mixeur d'autre part. Il s'agit du passage entre l'objectivité de la mesure et la subjectivité de la perception sonore. Une nouvelle science apparaît dans son champ de compétences, essentielle à l'ingénieur système s'il veut comprendre les attentes du mixeur qui exploitera le système : la psycho-acoustique. Il doit connaître les principes de perception sonore de l'oreille humaine pour mettre en lien les phénomènes physiques sur lesquels il agit et la sensation sonore qui en ressort (courbes de pondération, perception sonore liée au niveau de diffusion... etc). Il peut alors adapter son système aux attentes esthétiques et techniques de l'événement pour lequel on le sollicite.

Ce passage entre l'objectif et le subjectif met en avant le fait que l'ingénieur ne doit pas avoir uniquement des connaissances techniques et scientifiques. Le travail de l'ingénieur système s'inscrit au sein d'une équipe et au service d'un projet. La perception sonore relève en grande partie de la psychologie. Autant le mixeur façade que le mixeur retour doivent savoir faire preuve de compétence en « psychologie des artistes », autant l'ingénieur système doit faire preuve de « psychologie du mixeur ». Il y a une grande part de gestion de la dimension humaine dans le travail de celui-ci. Si un de ses rôles définis en première partie est d'assurer l'homogénéité et la couverture du lieu par le système, son rôle sous-jacent est de mettre en confiance le mixeur sur ce point et sur le rendu sonore global du système dans le lieu. Peu importe alors la mesure, ce sont les oreilles du mixeur qui seront le point de référé-

rence. Si l'ingénieur système ne veut pas voir son travail mis à zéro, il doit trouver le moyen de comprendre les attentes du mixeur et lui expliquer sa démarche, les problèmes rencontrés et les solutions trouvées. Il ne s'agit pas de lui expliquer avec une précision technique tous les réglages mais de transposer les problèmes rencontrés et les solutions trouvées dans le langage de la perception sonore, proche de ce que pourra ressentir le mixeur à l'écoute du système. Celui-ci pourra alors s'appuyer sur l'ingénieur système et transmettra ses besoins sans éprouver ni frustration ni incompréhension.

### 2.1.2 Des savoir-faire

En tout début de cette partie, nous avons parlé de savoir mais aussi de savoir-faire. Le savoir-faire s'acquiert par l'expérience, l'expérimentation et la répétition de l'action. Il augmente nécessairement avec le temps si l'on se dédie à la tâche. L'expérience et la confrontation aux situations sont une école essentielle pour mesurer l'impact des compétences personnelles en terme de relationnel sur le travail que l'ingénieur système réalise sur le terrain. Ce savoir-faire se compose d'une part de l'absorption des savoirs théoriques par le corps, qui les intègre parfois au point de les assimiler à des réflexes. C'est grâce à ce savoir-faire que l'ingénieur système devance les problèmes qu'une situation risque de créer ou qu'il réagit plus vite dans des situations complexes. D'autre part, cela touche à tout ce qui ne s'apprend pas dans la théorie mais qui n'est pas moins primordiale, telle la dimension relationnelle (la gestion des égos des mixeurs et des productions, la manière de négocier ses points d'accroche auprès des équipes de *riggers*) ou telle l'appropriation des outils et des

systèmes, une connaissance intime de ceux-ci (la couleur de certains systèmes qui ne se mesure pas... etc). Un ingénieur système pourra améliorer ses compétences seulement en pratiquant et en se confrontant à de nouveaux problèmes.

La profession d'ingénieur système demande donc un savoir et des savoir-faire spécifiques qui s'accumulent et s'améliorent à travers une pratique régulière et enrichissante. Comme nous venons de le dire, le savoir-faire s'apprend sur le terrain alors que le savoir théorique a différentes origines. Nous résumerons en trois grandes familles ces manières d'apprendre : un apprentissage empirique, une adaptation de savoirs institutionnalisés, formalisés mais pas spécialisés pour cette profession et enfin une formation spécifique institutionnelle qui correspond aux attentes de la profession. Bien souvent, la justification d'une profession se fait par une obligation de suivre une formation longue et théorique qui garantit une compétence particulière et donc sa reconnaissance par la société.

### 2.1.3 Une formation officielle ?

Les métiers liés à la diffusion d'un message sonore amplifié sont récents dans l'histoire de la société. Les formations institutionnalisées dans ce monde professionnel en sont encore à des balbutiements. Est-ce à dire qu'un ingénieur système ne mérite pas une formation spécifique, reconnue par la société ? Que pourrait donner une institutionnalisation de ces savoirs par le biais d'une formation ?

Une partie de cette profession repose sur des connaissances théoriques et pratiques de différents niveaux et dans des degrés de maîtrise variables. Une première diffi-

culté pour une formation complète de l'ingénieur système en ressort. C'est à la fois une profession très théorique et très pratique. Il faudrait pouvoir enseigner les deux sans faire 10 ans d'études (la reconnaissance en terme de salaire ne serait jamais à la hauteur). Les études théoriques sont souvent rattachées aux études longues, type grandes écoles ou facultés, alors que l'aspect pratique est traité par des formations techniques et courtes, parfois même basées sur l'alternance. La formation d'ingénieur devra pouvoir mêler ces deux aspects, peut-être par l'insertion de stages longs (comme dans les grandes écoles par exemple).

Comme nous l'avons aussi introduit dans la première partie de ce mémoire, l'ingénieur système joue un rôle de porteur de projet. Il gère l'ensemble de l'installation d'un système et dirige une équipe. Il doit développer pour cela un sens aigu de l'organisation et de la gestion de projet : transmettre des données, s'assurer de la bonne transmission de celles-ci au reste des professionnels (production, équipe chargée du montage de la structure, *riggers*, équipe lumière... etc) et de la compatibilité de son projet avec l'ensemble de l'installation (pont de lumières, dimension de la scène, points d'accroche des moteurs, limite de poids des structures porteuses... etc). Il faut donc enseigner au futur ingénieur système les bases du management et une rigueur organisationnelle qui l'aidera dans chacune des tâches qu'il va accomplir.

Enfin le dernier pan de cette profession concerne la sensibilité qu'il est nécessaire de développer vis-à-vis du travail en terme de perception sonore mais aussi de gestion de l'être humain. Peut-être moins présente dans certaines applications, l'oreille de l'ingénieur système reste l'outil le plus important à manier et à comprendre. C'est

l'outil par lequel le travail global de l'équipe, depuis l'ingénieur système à l'artiste, sera évalué. L'ingénieur système doit avant tout rendre compatible le système qu'il conçoit avec ce qui sera diffusé. Le meilleur moyen de s'en assurer est d'écouter la résultante du message à travers le système. Il peut alors juger de la qualité du travail et de la réussite des choix qu'il a fait au fur et à mesure de la mise en oeuvre du projet. Pour l'exercice de cette profession dans le cadre de concerts, un apprentissage et une éducation musicale faciliteront grandement le travail de l'ingénieur système. Éduquer son oreille lui donnera des références en terme de « comment ça sonne » dans les différents genres musicaux. Le système qu'il pourra concevoir sera plus facilement en adéquation avec l'événement.

L'ingénieur système fait des compromis tout au long de son travail. Peu importe les conséquences que cela peut induire, le bon choix est celui qui sert l'écoute finale et non la mesure. Une formation doit pouvoir le guider sur la manière de faire ces choix et ces compromis et non pas l'inciter au perfectionnisme parfois contre-productif. Il faut garder en tête qu'il s'agit à la fois d'un métier très scientifique mais aussi très sensible. Les compétences humaines de l'ingénieur système lui permettent d'optimiser son travail au regard de son client. Il est essentiel d'enseigner une rigueur et une exigence, mais surtout d'apprendre à les mettre au service du client et de ses attentes, d'autant plus qu'elles ne seront jamais explicitement énoncées en terme d'ingénierie système. Il s'agit pour lui de gérer non seulement une équipe mais aussi de comprendre et de répondre à un besoin d'une personne qui n'y connaît rien.

En résumé, un ingénieur système peut être présenté comme un scientifique doté d'une grande sensibilité aux besoins subjectifs des êtres humains et d'une aptitude

à diriger des projets et des équipes.

## 2.2 Le marché du travail

Nous sommes parvenus à cerner l'ensemble des compétences de l'ingénieur système professionnel. Mais cette profession, même si toutes ses compétences peuvent être reconnues et appréciées, ne peut être légitimée sans qu'une part du marché du travail ne lui soit accordée. Nous nous intéresserons donc maintenant à la compatibilité entre cette profession toute jeune et le marché du travail.

### 2.2.1 La demande

On peut faire appel à l'ingénieur système dès qu'il y a installation d'un système. Les clients peuvent être divisés en deux grands secteurs : le domaine public et le domaine privé. Les employeurs sont de diverses natures : municipalités, théâtres, scènes nationales ou producteurs de tournées, salles de concerts privées, associations... etc. Si cela ne change pas le fond pour l'ingénieur système, cela peut changer les conditions de travail et les exigences du client (deux conventions collectives distinctes régissent chacun des domaines, voire AnnexeIII). De ces divers clients découle une grande variété dans la demande : installations fixes, sonorisations d'un concert unique dans un lieu, tournées d'artistes, festivals, conférences et colloques, événements privés contenant un peu de tout... etc. La demande des clients porte souvent sur la globalité du projet. Ainsi ils délèguent à des professionnels du milieu, des prestataires et/ou des directeurs techniques l'organisation pratique de l'événement. Par exemple, usuellement, l'ingénieur système lors d'une tournée, même s'il

est embauché par la production, n'est pas recruté par le directeur de production mais par le mixeur qui constitue son équipe et qui définit ainsi les besoins en technique liés à la demande du client.

### 2.2.2 L'offre

Maintenant que la demande a été mise en évidence, nous pouvons nous interroger sur l'offre que propose les ingénieurs système : qui répond aux demandes d'ingénierie système ? Quels types de professionnels remplissent ce rôle alors qu'il n'y a pas officiellement d'ingénieur système « professionnel » ? Nous avons déjà présenté des éléments de réponse. Les professionnels rencontrés dans le cadre de ce mémoire sont soit issus du monde du *live* et du spectacle vivant, soit issus du monde de l'ingénierie, de la conception de systèmes.

Les premiers proposent une approche plus pragmatique que les seconds. Les ingénieurs système issus du *live* sont bien souvent aussi des mixeurs façade ou mixeurs retours. Ils ont plusieurs compétences à leur disposition. Ils développent une approche sur le terrain plutôt qu'un travail de laboratoire. En terme d'offre, ils proposent, en complément de leur compétence d'ingénieur système, leur compétence d'ingénieur du son. Ils cumulent souvent à cette occasion plusieurs fonctions dans la réalisation des événements (nous avons par exemple cité le mixage *live* des premières parties de concert ou l'accueil régie dans des festivals).

La seconde catégorie de professionnels développera des services supplémentaires axés sur un travail préparatoire en adéquation avec l'événement, traitant le système en interne pour l'adapter éventuellement aux besoins des exploitants (par

exemple la modification de *preset* pour mieux servir l'exigence du mixeur embauché pour une tournée). Ce type d'ingénieur apporte un support pour l'exploitation du système, en amont comme lors de son installation.

Le bureau d'études est un cas particulier, issu du domaine scientifique et/ou pratique. Ses services dépassent souvent l'installation du système de diffusion, il peut être amené à faire du conseil en acoustique. Il facture une étude de solutions en adéquation avec les besoins du client, non pas les solutions physiques. En terme d'offre, il fournit des préconisations qu'il garantit et qu'il peut se proposer de mettre en oeuvre avec l'aide d'autres professionnels.

### 2.2.3 La hiérarchie

Nous avons ainsi défini trois profils d'ingénieur système et la diversité des services proposés. La concordance entre les besoins liés à la demande et les services fournis par les professionnels est laissée au jugement des professionnels : ils prennent la responsabilité de répondre à ce besoin en proposant des solutions appropriées (que ce soit une étude de terrain ou un devis pour toute l'installation). L'attitude des professionnels face à ce besoin varie suivant leur personnalité, en quel nom ils interviennent et sous quelle forme ils proposent leurs services. L'ingénieur système peut être introduit à différents niveaux dans la hiérarchie des professionnels qui travaillent pour la création d'un événement. Même si son employeur reste le client, la personne qui le recrute et que l'ingénieur système représentera quelque part, peut changer. Schématiquement, lorsqu'un client souhaite organiser un événement contenant de la diffusion amplifiée, il en délègue l'organisation, nommant des responsables

pour chaque domaine, dont le directeur technique. Celui-ci technique va se charger de trouver les solutions physiques pour diffuser le concert : il fait appel à une équipe technique ainsi qu'à un prestataire qui fournit le matériel. L'ingénieur système peut être embauché soit par le prestataire, soit par le directeur technique soit être intégré à un bureau d'études. L'autorité et la latitude de travail de l'ingénieur système sont dépendantes de son référent, donc du positionnement hiérarchique et économique de celui-ci. Le prestataire vise à rentabiliser son parc matériel. L'ingénieur système doit alors composer avec ce que le prestataire fournit et peut rarement imposer le *design* du système. Un ingénieur système embauché par un directeur technique formule le besoin du client en terme de système, il vient donc se placer au-dessus du prestataire qui répondra à la demande. Enfin, lorsqu'un bureau d'études intervient, son référent est le client directement. L'ingénieur système supervise l'installation et s'assure de la mise en place de ses préconisations ainsi que du rendu final.

### 2.2.4 L'autorégulation

L'ingénieur système est dans tous les cas intégré aux services qui sont offerts, car comme nous l'avons déjà énoncé, qui dit système de diffusion dit ingénierie système. En revanche, qui dit ingénierie système ne dit pas nécessairement « ingénieur système » tel que nous avons pu en dresser le portrait dans 2.1. Comment savoir si la personne embauchée pour réaliser le travail d'ingénieur système est un « vrai ingénieur système » ? Encore faudrait-il que la question préoccupe quelqu'un. Car, à la vue de ce que nous venons d'écrire, le client n'est pas la personne la plus à même de juger des compétences de l'ingénieur système.

Le moyen de contrôle de qualité de service en vigueur dans ces professions nouvelles et spécialisées repose sur l'autorégulation, c'est-à-dire le contrôle informel des professionnels les uns sur les autres (<sup>1</sup>). La profession d'ingénieur système s'inscrit dans une équipe. Ses compétences sont donc directement testées par les professionnels, notamment ceux qui exploitent le système. Ils ne jugeront pas de ses compétences scientifiques mais du résultat final et des qualités humaines que nous avons présentées précédemment. L'emploi fonctionnant énormément sur le relationnel, l'autorégulation et le contrôle interprofessionnel jouent un grand rôle sur l'offre et la qualité de service que les ingénieurs système peuvent fournir. Nous ajouterons qu'un second type de contrôle peut être effectué, cette fois-ci par le client indirect : l'auditeur. Si le mixeur est le mieux placé pour juger du travail de l'ingénieur système (ils partagent des compétences et une attention particulière sur le système), l'auditeur est le principal intéressé par la qualité du service. Son retour sur la prestation reste à interpréter car il a une attitude très « naïve » et ne peut pas prendre en compte l'ensemble des contraintes inhérentes à chaque projet. Cependant, son appréciation sur la qualité de la diffusion est non négligeable car il représente « les oreilles » du client et potentiellement la réussite du travail des professionnels.

### 2.2.5 L'impact d'une formation

Nous avons énoncé l'absence de formation officielle pour ce genre de profession malgré la quantité de connaissances qu'un tel métier demande. Qu'apporterait une formation officielle en terme d'offre et quelles conséquences cela aurait-il sur le

---

1. réf. **Claude Dubar, Pierre Tripier**, *Sociologie des professions*, Paris, Armand Collin, 1998, p124

marché du travail ? Nous pouvons raisonner par analogie avec le « métier » d'ingénieur du son dont la professionnalisation a commencé il y a déjà plusieurs années. De plus en plus d'ingénieurs du son sortent d'écoles privées, publiques, théoriques ou techniques. Ils commencent la pratique de leur métier avec un bagage théorique, contrairement aux anciennes générations dont le seul apprentissage était « sur le tas ». La principale différence réside dans le « raccourci » que permet la formation. Bien que celle-ci ne remplacera en rien l'expertise apportée par la pratique récurrente et la confrontation avec des situations réelles que nous avons qualifiées en terme de savoir-faire, une formation labellisée « ingénieur système » peut être un atout pour l'insertion sociale du futur professionnel dans le monde du travail. Elle garantit non pas une maîtrise de la pratique mais l'acquisition d'un certain nombre de connaissances et de compétences favorisant une intégration plus rapide des pratiques ainsi qu'une reproductibilité de celles-ci. De plus, un lien fort peut se créer entre anciens étudiants installés sur le marché du travail et futurs professionnels qui sortent de la même formation, se transformant en un réseau basé sur la solidarité et le partage de valeurs professionnelles. L'insertion professionnelle est donc améliorée en mettant sur le marché du travail des professionnels en devenir à la fois plus spécialisés, plus polyvalents et plus réactifs. De nouvelles formes de recrutement apparaissent. Il est possible d'obtenir un emploi grâce à son appartenance à une même formation, grâce à son *curriculum vitae* (appuyé par le rayonnement des projets qui y sont inscrits) et potentiellement grâce à son diplôme.

La formation permet également de distinguer le professionnel de l'amateur. Autrement dit, une personne qui a suivi une formation reconnue et officielle ne peut pas

être un amateur. En revanche, on peut être professionnel sans avoir un diplôme qui le certifie (c'est le cas des ingénieurs système qui pratiquent aujourd'hui). Jusqu'à présent, l'autorégulation se base sur l'évaluation une fois le travail réalisé : le mixeur arrive et écoute le système, il peut alors juger de la qualité du service de l'ingénieur système. C'est donc à lui de décider s'il a affaire à un « pro » ou à un amateur. Ce jugement s'appuie sur l'évaluation qu'il peut faire sur ce qu'il entend et sur la capacité de l'ingénieur système à analyser la situation, notamment lorsque les compétences du mixeur sont dépassées. Par exemple, savoir maîtriser le registre grave du spectre audio demande une réelle connaissance en acoustique : les longueurs d'onde des basses fréquences sont les plus sujettes à subir réflexion, filtrage destructif... etc. Donc obtenir une réponse précise et homogène dans cette bande de fréquence n'est pas donné à tout le monde, seuls les « bons » ingénieurs système peuvent résoudre la question, souvent grâce une grande expérience des phénomènes et une pratique régulière du métier ou encore grâce à la notion de recul scientifique, introduite dans 2.1, qui s'obtient par la formation et qui permet de gagner en professionnalisme.

Il y a donc un lien fort entre compétences et marché du travail. La création de formations officielles pour la profession influencera forcément les compétences des professionnels et le marché du travail et réciproquement. Nous nous sommes intéressés à présenter les possibilités du marché du travail pour les ingénieurs système, notamment au commencement de leur pratique. Si la création de formation a des conséquences sur l'insertion des jeunes professionnels, nous pouvons nous interroger de son impact sur la dynamique du marché du travail à plus long terme ainsi que sur la trajectoire individuelle des professionnels.

## 2.3 L'avenir de la profession

Imposer un ingénieur système a un coût. Cette profession est donc nécessairement liée à la dynamique économique du milieu de la prestation *live*, quelle qu'elle soit. Nous tentons à travers ce mémoire d'appliquer la notion d'ingénieur système à l'ensemble des applications de l'ingénierie système. Ceci n'est généralement pas le cas aujourd'hui. Nous pouvons émettre des hypothèses sur ce qui ferait progresser ou non la systématisation de l'emploi d'un ingénieur système.

### 2.3.1 La dynamique de la profession

L'avenir de cette profession n'est possible que si la demande en ingénieur système augmente. Nous avons succinctement abordé les différentes demandes faisant indirectement appel à des ingénieurs système. L'augmentation de celles-ci est autant de nouvelles occasions d'embaucher des professionnels de la sonorisation et du spectacle vivant. L'augmentation du nombre de tournées participe à l'augmentation du nombre de spectacles et de concerts. L'augmentation du nombre de festivals peut être vu comme une raison de la multiplication des tournées (les artistes s'assurent des dates par leur programmation). L'omniprésence de la technologie dans l'événementiel privé (fête de famille, colloques pour les employés d'une entreprise, *showroom...* etc) est aussi une source d'emploi pour ces mêmes professionnels. Toute cette multiplication d'événements crée autant de possibilités d'installations de système, donc idéalement d'embauches d'ingénieurs système.

Un second paramètre, peut-être plus réaliste pour envisager une augmentation de la demande d'ingénieur système serait l'augmentation de la taille des événements. Organiser un plus gros événement, tel qu'une tournée internationale ou un festival constitué de plusieurs grandes scènes demande nécessairement plus de matériel et de personnel, plus de gestion et de fonds. Les organisateurs font face à des situations plus complexes, teintées d'enjeux financiers plus conséquents. Ce contexte d'embauche correspond mieux aux compétences de l'ingénieur système : gérer des équipes, monter des projets, garantir des résultats, optimiser des systèmes pour des situations délicates qui demandent une somme considérable de connaissances. Ce type de situation implique de plus gros budgets dans lesquels la rémunération d'un ingénieur système passerait inaperçu. Il devient alors plus aisé de justifier son poste.

Un troisième paramètre a son importance sur l'avenir de la profession : l'évolution des outils et des technologies de diffusion. Deux phénomènes sont perceptibles ces dernières années. D'une part, les technologies font appel à des principes scientifiques de plus en plus complexes. Le principe de la WST (*Wavefront Sculpture Technology*,<sup>2</sup>) est apparu après une véritable étude des phénomènes de sommation acoustique contrairement au château d'enceintes des débuts de la sonorisation. D'autre part, si les technologies sont en constante évolution, leur manipulation et leur mise en pratique tendent à se simplifier. Le développement d'interfaces de plus en plus accessibles remet en cause le besoin d'ingénieur système, alors que l'optimisation de ces technologies nécessite ses compétences. On retrouve là un phénomène qui dépasse

---

2. réf **Urban M., Heil C., Bauman P.**, "Sound Field Radiated By Multiple Source Array.", *AES PrePrint 92 th Convention*, Mars 2012

très certainement le monde de la sonorisation. Nous pourrions qualifier cette tendance de vulgarisation des outils et des technologies. Le rôle de l'ingénieur système bascule alors dans l'aspect relationnel et organisationnel du métier garantissant une qualité au détriment du scientifique dominant ses outils.

L'évolution des technologies est aussi intéressante dans sa dimension économique. La standardisation des systèmes tend à une diminution de leur coût. Les constructeurs, en simplifiant l'utilisation de leur système et de leurs outils cherchent à ouvrir leur marché d'implantation. Un plus grand nombre de clients est amené à se procurer des technologies complexes complétées par des outils d'optimisation cumulant l'essentiel des réglages du système (les processeurs de diffusion). L'installation de systèmes fixes dans des salles et leur optimisation est une ouverture pour le métier d'ingénieur système, notamment sous la forme des bureaux d'études, même pour des projets à moindre budget. Nous pouvons noter une sensibilisation des clients à la nécessité d'employer des professionnels pour optimiser leur investissement matériel.

### 2.3.2 La carrière du professionnel

La dynamique professionnelle de l'ensemble des ingénieurs système résulte donc en partie de la dynamique économique du monde de l'événementiel et de la dynamique culturelle du pays. Mais elle est aussi dépendante de l'éclat individuel des ingénieurs système en activité. La carrière de certains individus va permettre le rayonnement de l'ensemble de la profession et améliorer ainsi la reconnaissance qu'elle peut obtenir des autres groupes professionnels (<sup>3</sup>). Les possibilités de carrière

---

3. réf. **Claude Dubar, Pierre Tripier**, *Sociologie des professions*, Paris, Armand Collin, 1998, p96

dans le milieu des intermittents sont très limitées. Ne pouvant faire preuve d'ancienneté au sein d'une même entreprise car ils changent sans cesse d'employeurs, la progression de leur salaire est à négocier personnellement, continuellement (certaines conventions collectives encadrent mieux cette difficulté). La carrière, avec les avantages qui l'accompagnent classiquement dans les entreprises, se joue plus sur la réputation. Celle-ci découle du talent de l'individu, du prestige des projets sur lesquels il a travaillé (*curriculum vitae*) ainsi que du bouche à oreille à propos ses prestations. La réputation des « meilleurs » instaure un idéal de professionnalisme vers lequel tous les membres de la profession vont tendre. Nous avons vu que suivre une formation permet une meilleure insertion sur le marché du travail. Elle offre deux autres possibilités pour obtenir un poste, le réseau qu'elle construit ainsi que l'assurance d'un bagage théorique adéquat. Si la demande en ingénieur système augmente au point que seuls les individus réputés ne suffisent plus à répondre à cette demande, alors le fait d'avoir un diplôme et une formation peut faciliter l'entrée dans le monde du travail. Mais cela permet-il pour autant une meilleure carrière par la suite ?

Les professionnels rencontrés appartenant au milieu de l'intermittence semblent tendre, en terme de carrière, à s'affranchir de ce statut et à créer leur propre entreprise. Cela implique qu'ils ont atteint une reconnaissance suffisante dans le milieu pour ne plus craindre la concurrence. Ils sont embauchés pour leur personne et non plus uniquement pour leurs services. Une seconde possibilité pour s'affranchir des aléas liés au statut d'intermittent et passer dans le régime général est de diversifier ses services. Certains optent pour l'investissement dans du matériel, fondant une

entreprise de location, d'autres optent pour le conseil en acoustique, se rapprochant du bureau d'études. Les ingénieurs système peuvent aussi choisir de créer leur entreprise de consultations spécialisée en système. Peut-être est-ce là la carrière de l'ingénieur système ? Le marché du travail, tel qu'il est pour l'instant, divisé entre bureau d'études, prestataires et free lance, ne laisse pas une place économique suffisante pour l'épanouissement de telles structures.

# Conclusion

Nous pouvons accorder au métier d'ingénieur système les critères d'une profession demandant « une technique intellectuelle spécialisée, qui s'acquiert au terme d'une formation prolongée et formalisée et permettant de rendre un service efficace à la communauté » audio rajouterons nous. Cependant, nous pouvons douter que cette définition, avec tout ce qu'elle implique en terme de compétences, soit en adéquation avec la totalité des cas de figure dans lesquels l'ingénierie système est réalisée. L'avenir de la profession, dans une vision aussi globale que celle que nous avons proposée est probablement idéale. Former à si haut niveau des ingénieurs système et inonder le marché du travail de ces futurs professionnels n'a pas nécessairement de sens au regard de la dynamique économique du milieu dans lequel ils évolueront.

Nous pouvons distinguer deux contextes économiques d'où découlent deux mentalités. Lorsque des fonds conséquents sont débloqués pour réaliser l'événement, une place en adéquation avec son expertise pourra être attribuée à l'ingénieur système. Lorsqu'il s'agit d'événements munis d'un budget serré, comme c'est souvent le cas, "ingénieur système" devient un métier comme un autre dans le panel des compétences

d'un ingénieur du son intermittent. Se déclarer "ingénieur système" et gagner sa vie grâce à ce métier sont deux choses distinctes. Certains professionnels parviennent à fusionner les deux, d'autres tendent à cela et enfin les derniers n'y trouvent peut-être pas d'intérêt. Les trois cas de figure continueront probablement à coexister dans un futur proche.

L'ingénieur système réunit toutes les caractéristiques d'une profession mais son développement reste totalement dépendant du contexte économique. Former des professionnels pourra améliorer les compétences générales du métier mais ne suffira pas à imposer son emploi systématique. En revanche, les formations déjà existantes d'ingénieur du son pourraient tout à fait intégrer une spécialisation d'ingénierie système, tirant vers le haut les compétences dans ce domaine de l'ensemble des professionnels du milieu.

Le métier d'ingénieur système a tendance à être identifié comme un métier technique alors que la sensibilité en est sa valeur ajoutée, sa finesse.

Deuxième partie

**Partie Pratique de Mémoire :**  
**Confrontations**

# Théâtre Rutebeuf



## Présentation

Il s'agit de l'installation d'un système de diffusion dans un théâtre municipal pour un concert de tango actuel. Une journée de préparation du matériel est

prévue chez le prestataire la veille du concert, l'installation se fait le jour même. Le prestataire fournit le système de diffusion ainsi que la régie, le *backline* et même quelques éléments pour le plateau. Il embauche pour l'évènement un ingénieur son (Boris) qui sera ingénieur système et accueillera le mixeur du trio.

### **La préparation**

C'est le prestataire qui réalise le devis et donc décide du matériel qui sera envoyé sur place. Boris arrive au moment de la préparation qu'il réalise à partir de la liste ainsi établie.

Lors de cette préparation, il définit l'organisation de l'installation : comment le système sera posé, où, comment il sera alimenté... etc. Ayant déjà travaillé dans ce théâtre, il a en tête l'ordre de grandeur du plateau et des aires d'audience. Il peut faire un rapide *shooting* du lieu, mettre en lien le matériel mis à disposition avec la configuration du lieu et le genre de l'évènement. Il dessine un rapide schéma de câblage et décide de comment répartir physiquement les amplificateurs dans le lieu. En découle les longueurs de câbles qu'il faudra tirer entre régie, RIO (bloc de *patch* entrées/sorties qui réalise des conversions entre réseaux, liaisons numériques et analogiques), amplificateurs et enceintes.

La préparation du matériel est rapide. Il s'assure d'avoir tous les câbles nécessaires : trois tourets de RJ45 qui transportent le réseau DANTE, un troisième pour relier l'ordinateur de commande (*remote*) aux amplificateurs, un petit multi-paire pour relier le RIO aux amplificateurs placés à cour et un *harting* (fig.1) plus un câble

RJ45 pour le contrôle (*remote*) qui relie les amplificateurs entre jardin et cour, des câbles EP5. Il ajoute des petites longueurs pour *linker* certaines enceintes, des multi-paires ainsi que des rallonges et des multiprises pour alimenter les éléments en électricité (voir le détail sur le plan de câblage, fig.5). Comme les amplificateurs sont contrôlés par un réseau, il leur attribue une adresse qui soit simple pour les identifier par la suite (ceux de jardin auront une adresse qui commencera par 0, ceux à cour par 1).



FIGURE 1 – Connecteur *Harting*

La deuxième grande étape de cette préparation consiste en la préparation du logiciel de *remote* des amplificateurs. Celui-ci est développé par les constructeurs des systèmes, il est spécifique à chaque marque, un peu comme les logiciels de prédictions. Pour cette prestation, le système est un système d&b. Leur logiciel, le R1, est très modulaire. Le principe est de créer selon notre besoin chaque élément : sources et paramètres de contrôle. Boris commence par créer rapidement chaque voie d'amplification dont il dispose et les attribue aux amplificateurs repérés par leur adresse. Il va pouvoir vérifier que chaque amplificateur est bien attribué. Pour cela, il relie

l'ordinateur au réseau de *remote* à travers un petit boîtier (nommé R70), les données n'étant pas véhiculées par un format réseau classique mais par des CAN-bus (*Controller Area Network*). En passant *ON LINE* sur le R1, les voies d'amplifications sont reliées à l'amplificateur réel. Le test pour s'assurer de la liaison (en plus du contrôle visuel fourni par le R1) est par exemple de *muter* chaque voie l'une après l'autre et de vérifier qu'il se passe la même chose sur l'appareil physique. Une fois cette vérification faite, Boris peut débrancher les amplificateurs et les ranger avec le reste du matériel qui est alors embarqué dans un camion pour être livré au théâtre en fin d'après-midi.

Boris peut s'atteler à peaufiner l'interface du R1 afin de la rendre pratique et efficace pour le lendemain. Il y a deux choses à définir pour bien utiliser cette *remote* : la manière dont on groupe les différentes sources et les commandes qu'on leur affecte.

Il commence par définir ses groupes et les hiérarchiser (faire des sous-groupes). Il crée le *ALL* à la racine de son arborescence, très important car cela lui permet de *muter* ou d'éteindre toute les sources en même temps. Ensuite, il fait un groupe PA (*Public Adress System* qui désigne le système principal), puis celui des Subs et pour finir celui des *In Fills* (enceintes de renfort à l'intérieur du système principal). Chaque groupe est sous-divisé d'une part en droite et gauche et d'autre part par voie d'amplification (5 sous-groupes pour le PA, 4 sous-groupes pour les subs, 2 sous-groupes pour les *In fills*). Lors de l'installation, cette répartition des groupes s'est légèrement complexifiée, d'où quelques groupes supplémentaires dans la figure 2.

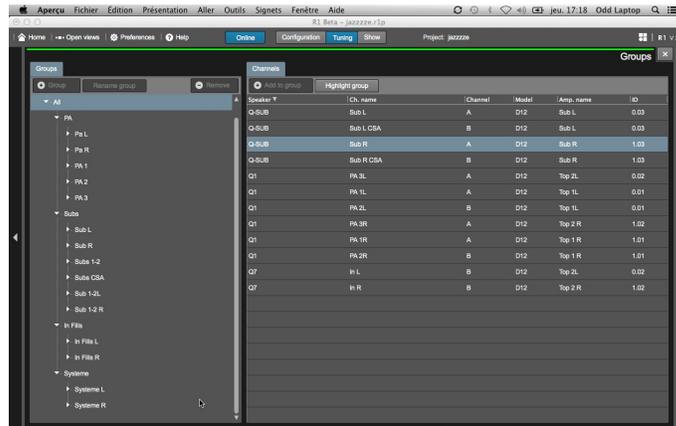


FIGURE 2 – Hiérarchie des groupes dans le R1

Il peut alors créer des fonctions de commande qu'il affecte à chacun des groupes ou sous-groupes. Pour des raisons de facilité de lecture, il dédie une page d'affichage par groupe. La première commande est la fonction *MUTE* pour le groupe *ALL* mais aussi pour les sous-groupes associés. La seconde est un *fader* de niveau. La troisième est une commande de délai, pour le groupe entier puis pour chaque sous-groupe. Il y met aussi des commandes de *ON-OFF* pour les fonctions délai, égalisation et pour des fonctions spécifiques au *processing* du constructeurs qui sont « CUT » (coupe-bas à 80Hz), « HFA » (*High Frequency Attenuation*, filtre passe-bas à partir d'1kHz et qui atteint -3dB à 10kHz), « HFC » (*High Frequency Compensation*, filtre compensateur de l'absorption de l'air qui augmente les aigus vers 10kHz), mode « 100Hz » pour les enceintes de graves (coupe haut à 100Hz au lieu de 130Hz), et le « CPL » (abréviation de *Coupling*, cela agit sur la balance tonal dans le sens négatif, comme un filtre coupe-bas dont on augmente à la fois la fréquence de coupure et le

gain de 0 à -9dB et dans le sens positif, comme une égalisation à 65Hz avec un gain de 0 à +5dB). Il pourra lors de l'optimisation du système contrôler l'ensemble de ces fonctions depuis son ordinateur.

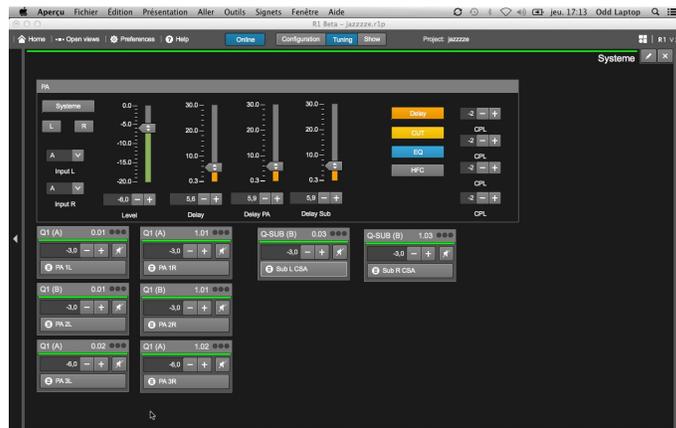


FIGURE 3 – Page de contrôle du groupe "System"

## L'installation

L'installation débute le lendemain dans la matinée. L'équipe est composée de Boris, du régisseur son du théâtre et d'un salarié du prestataire qui ne restera que pour l'installation et reviendra pour le démontage. En arrivant, Boris récupère les plans précis du lieu et vérifie la jauge. La salle est composée d'un parterre avec des sièges et d'un balcon qui finalement ne sera pas ouvert au public. Il peut refaire son *shooting* avec des données plus précises. Par conséquent, le plan de câblage est légèrement modifié, le *design* du système aussi. Il avait pensé faire une installation cardioïde avec les subs, finalement il choisit d'en intégrer un au système comme

extension et d'utiliser les deux autres comme renfort de grave. Il refera donc ses groupes dans le R1 pour mieux contrôler cette nouvelle conception du système. Le matériel est déchargé du camion et monté sur scène sauf une console CL5 Yamaha qui va à la régie. Les amplificateurs sont placés de part et d'autre du plateau, le RIO est installé à cour. Le système de diffusion, composé de 2 fois 5 Q1 et 3 Q-SUB, renforcé par 2 Q7 pour le centre, est réparti à cour et à jardin (voir documentations techniques III, III et III). Il n'y a pas de points d'accroche, le système est *stacké*, c'est-à-dire posé sur la scène. Les subs sont divisés en deux, un sur la scène qui servira de support pour les Q1, deux au pied de la scène l'un sur l'autre. Les Q7 sont installées au pied du système, à l'intérieur, légèrement surélevées par des caissons de rangement. Lorsque tout est placé, le câblage physique peut commencer. Les tourets de réseau sont tirés entre la régie et le RIO, les enceintes sont câblées aux amplificateurs. Au bout d'une heure et demi, la phase d'optimisation peut débuter.

Nous allons résumer la méthode appliquée par Boris puis mettre en avant les choix principaux qu'il a effectués.



## Méthode

1. **Vérification que tout fonctionne** (bruit rose dans tous les amplificateurs, chaque voie est « démutée » l'une après l'autre)
2. **Optimisation du PA :** musique pour régler le CPL, ajustement de la balance tonale pour une sensation globale
3. **Remise en phase du *subwoofer* installé sous le PA :**
  - (a) choix de la fréquence de coupure de chaque élément (Q-sub et Q1) : fonction *CUT* sur le PA et/ou fonction « 100Hz » sur le sub
  - (b) choix du point auquel cette remise en phase est réalisée (dans l'axe du système à une distance intermédiaire entre le premier rang et la régie)
  - (c) test d'une première remise en phase sans la fonction *CUT* : il enregistre la réponse en phase du PA sans la fonction et vient surposer en temps réel la réponse du Q-sub. Il note le délai trouvé et écoute de la musique.
  - (d) Il réitère cette fois-ci avec la fonction *CUT* enclenchée. Il garde cette remise en phase. (fig.6)
  - (e) retouche à l'écoute légèrement le CPL
4. **Remise en phase des *subwoofers* au sol (fig.7) :**
  - (a) choix de la fréquence de coupure. Il enclenche cette fois-ci la fonction « 100 Hz » et égalise pour nettoyer complètement le haut de la bande passante (plus rien au-dessus de 100Hz)

- (b) choix du point de remise en phase (dans l'axe du système dans un premier temps)
- (c) à partir de l'enregistrement de la réponse en phase du système complet, il vient superposer la réponse des *subwoofers* aux environs de 80Hz.
- (d) vérification à l'oreille de ce réglage
- (e) deuxième point d'optimisation : devant la régie. Il réitère la manipulation et vérifie le nouveau résultat à l'oreille dans l'ensemble de la salle. Il valide.

**5. Égalisation du système (PA + *subwoofer* 1) :**

- (a) réalise trois points de mesures (fig.8)
- (b) vérifie à partir de leur moyenne ce qui est inhérent au système et ce qui dépend du positionnement de la mesure
- (c) égalise le système en confrontant ses sensations à la mesure moyennée
- (d) vérifie l'addition du système avec les renforts de grave : à la mesure et à l'oreille

**6. Intégration des Q7**

- (a) égalisation pour mieux les intégrer au système (fig.9)
- (b) remise en phase (point au niveau des premiers rangs, entre l'axe du PA et de la Q7) sur la bande médium du spectre

**7. Écoute globale du système :** recorrige l'égalisation du PA, la remise en phase des renforts de grave et du système, le niveau relatif des Q7

par rapport au système (fig.10)

**8. Accueil du mixeur :**

- (a) présentation du système, explication brève des réglages
  - (b) écoute du système par le mixeur qui se déplace pour vérifier l'homogénéité
  - (c) remplacement des Q7
  - (d) comparaison à l'écoute du système avec et sans l'égalisation de Boris.
- Validation de l'optimisation

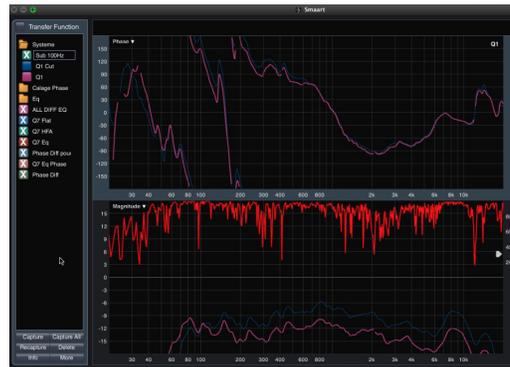


FIGURE 6 – Égalisation des enceintes Q1

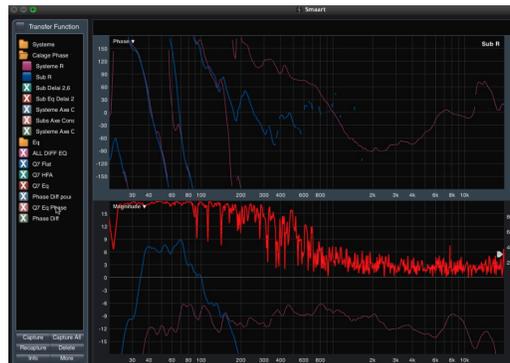


FIGURE 7 – Remise en phase des renforts de grave avec le système



FIGURE 8 – Les trois points de mesures avant égalisation du système



FIGURE 9 – Égalisation des enceintes Q7 : HFA, égalisation de Boris et *flat*

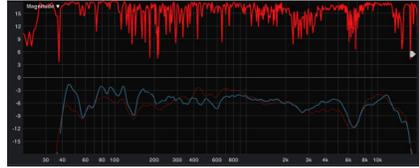


FIGURE 10 – Égalisation du système entier

### Analyse des choix

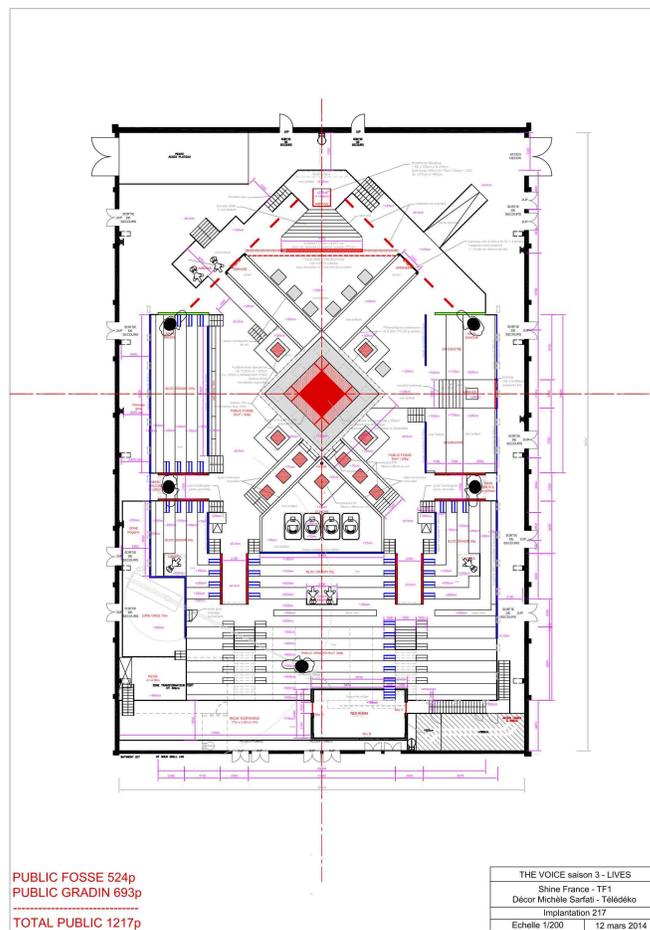
Le premier choix qu'a fait Boris concerne le *design*. Au souvenir du lieu, il avait opté pour une certaine angulation des enceintes formant la ligne ainsi que d'un certain câblage. Les deux enceintes du haut permettaient la couverture du balcon, les trois du bas celle du parterre. En apprenant la fermeture du balcon au public, Boris a changé totalement sa configuration d'angles et de répartition sur les voies d'amplification. Il a pu couvrir de manière plus homogène le parterre en y dédiant cette fois-ci quatre des cinq enceintes de la ligne.

Le deuxième choix concerne la gestion des graves. Pour des raisons visuelles, mettre sur la scène six *subwoofers* s'est révélé impossible. Boris a divisé en deux la fonction des Q-sub : un intégré au système, les deux autres comme renfort de grave, abandonnant la configuration cardioïde. Une première conséquence de ce choix est un changement dans la gestion des sous-groupes du R1 : deux nouveaux sous-groupes apparaissent, les renforts de graves à droite et à gauche. Une deuxième conséquence est une fréquence de coupure différente suivant la fonction du Q-sub. Boris a laissé pleine bande celui qu'il souhaitait intégrer au système alors qu'il a enclenché la fon-

tion « 100Hz », amplifiée par une égalisation, pour les renforts. Deux possibilités se sont offertes à lui : favoriser le haut grave (s'il choisissait de remettre en phase vers 80Hz-100Hz) ou favoriser le bas grave (s'il remettait en phase vers 60Hz). Il a laissé son réglage ayant le plus de rondeur, se laissant la possibilité de le modifier rapidement si le mixeur souhaitait plus d'impact et de définition dans le bas du spectre. Son rôle en tant qu'ingénieur système ne doit pas empiéter sur le domaine du mixeur. Cependant, celui-ci a validé le travail de Boris, y compris son choix subjectif sur la gestion du grave.



# The Voice



## Présentation

The Voice est une émission musicale diffusée sur TF1. Elle est constituée de trois étapes : les auditions à l'aveugle, les *battles* et les finales. Le concept est de faire chanter de jeunes artistes auteurs compositeurs interprètes face à un jury composé d'artistes accomplis de la variété française. Lors de la première étape, le jury est dos à la scène, d'où le terme « d'audition à l'aveugle ». Par la suite, la configuration est plus classique mais impose toujours énormément de contraintes du fait de la primauté de l'image sur le son.

Le montage du plateau débute plus d'une semaine avant le tournage de la première émission. Les trois derniers jours sont réservés aux répétitions, laissant presque une semaine entière à l'installation, tous domaines confondus (structures, lumières, vidéo, décors et son). L'ingénieur système chargé de la conception et de l'installation est aussi l'ingénieur son façade. Il s'occupera en parallèle de l'installation du système et de la régie, avant de se concentrer sur les répétitions et le mixage du *show*.



FIGURE 11 – Photo du plateau

## L'installation

**Les zones d'audiences** C'est l'un des plus grands plateaux de télévision d'Europe, 2000 m<sup>2</sup> environ. La jauge peut atteindre 1217 personnes. Les zones d'audience sont réparties sur 270° autour de la scène. Cette aire d'écoute est divisée en trois parties : un gradin, une fosse et une zone de plein pied avec la scène. Les gradins sont présents sur trois axes, même si la plus grande des jauges est face à la scène. L'orchestre se trouve totalement à cour et la régie est excentrée.

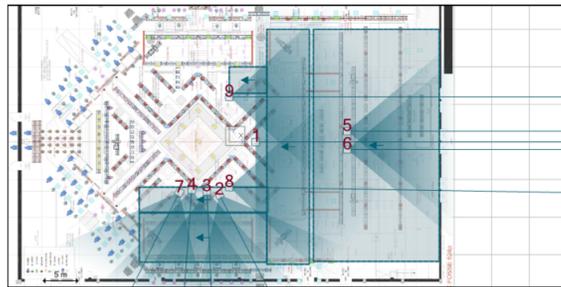


FIGURE 12 – Les zones d'audiences représentées dans le logiciel de simulation EASE Focus

Voici le découpage des zones d'audience réalisé par l'ingénieur système sur le logiciel de prévision EASE Focus utilisé par le constructeur APG dont le système a été choisi pour l'émission. On peut y voir aussi les sources installées (les numéros rouges). Ces zones sont définies par leurs coordonnées géométriques, ce qui permet de représenter les gradins en donnant une pente à cette zone. Il est important de bien les définir dès le départ pour réaliser une conception cohérente et optimisée du système. On peut aussi noter d'ores et déjà que certaines zones seront peu remplies par le public. Par exemple s'assurer d'une couverture sur la fosse à jardin est moins

primordiale que d'assurer une diffusion optimale là où sera installé le jury. Chacune de ces zones sera couverte différemment par chacun des éléments du système, posant le problème des interférences lors de la sommation.

**Le système de diffusion** L'ingénieur système a choisi de multiplier les sources, même si elles ne viennent qu'en renfort du système principal pour palier à la taille du plateau mais aussi aux diverses contraintes. Le système principal, les *subwoofers* et certains rappels sont du constructeur APG. L'ingénieur système a ajouté à ce parc d'enceintes des petites tours de chez BÖSE, pour y diffuser uniquement des voix parlées.

**Le système principal** C'est le système UNILINE, système type *line array*. Le système UNILINE de AGP est prévu pour être un système modulaire, constitué de 3 types d'enceintes : UL 210, UL 210D, UL 115B. Sa conception permet de l'utiliser dans différentes configurations, courte, moyenne et longue portée en composant avec les trois types d'enceintes. Les UL 210 et les UL 210D couvrent la même bande fréquentielle mais n'ont pas la même ouverture horizontale . Les UL 115B sont les renforts grave du système dont l'ergonomie permet de les suspendre en début de ligne ou indépendamment. Ici, J. a choisi d'employer uniquement des UL 210 et des UL 115B (voir documentation techniques III et III). Le système principal est constitué de deux fois huit UL 210, de part et d'autre de la scène et de six UL 115B suspendues au centre de l'avant scène, plusieurs mètres devant les UL 210.

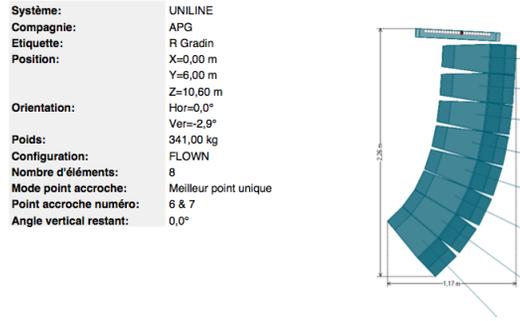


FIGURE 13 – Le système Uniline représenté dans le logiciel de simulation EASE Focus

**Les compléments** Aux vues des disparités en terme d'aires d'écoute et du placement possible pour le système principal, J. a décidé de renforcer celui-ci avec différents rappels.

Il a complété la couverture du gradin central avec deux DX15 (voir documentations techniques ??) suspendues au dessus de celui-ci, une en douche, l'autre visant le haut du gradin. Pour assurer la couverture des gradins à jardin qui se trouvent derrière le système principal, il a suspendu quatre DX15 réparties dans la profondeur du plateau. Les DX15, enceintes APG, sont des enceintes développées pour leur polyvalence. Elles sont *designées* comme des retours scène mais leur directivité (80° conique) permet aussi une utilisation en douche comme ici. Elles sont large bande (enceinte coaxiale, équipée d'un 15 pouces pour les graves). Leur puissance permet de les utiliser sans risque en rappel (100 dB SPL d'efficacité), même si elles sont à une dizaine de mètres du public, distance réduite avec l'effet du gradin par ailleurs.

De chaque côté de la zone du jury, sous les gradins (voir fig.12) J. installe deux TB 118S en configuration cardioïde. Les TB 118S font partie de la gamme *subwoofers* du constructeur. Elles sont équipées d'un 18 pouces et servent notamment à fournir la partie infra basse du spectre lorsqu'elle est demandée. Ici, elles viennent compléter le registre grave du système mais surtout combler le vide laissé par les UL 115B suspendues bien trop haut pour couvrir la première aire d'audience qu'est le jury.

Enfin, pour diffuser uniformément la voix parlée dans l'ensemble des zones d'audience sans solliciter le système principal, J. utilise des petites enceintes BÖSE, les MA12 (voir documentations techniques ??). En forme de tour, les MA12 sont de petits *line arrays* modulaires de bande passante réduite (155 Hz-12kHz) mais d'ouverture horizontale très large (145° jusqu'à 2 kHz). Il en a dispersé 24 dans la totalité des gradins.

***Le processing*** Le réseau utilisé pour la communication audio est le réseau DANTE. Des cartes Yamaha relient les deux régies à des R-I/O qui centralisent les sources directes et les dispersent à travers ce réseau aux différents intéressés tels que la régie face, la régie retour, le camion de mixage à l'antenne. Des processeurs (DMS 48) ainsi que des amplificateurs APG sont installés pour contrôler les enceintes APG, les tours BÖSE sont reliées à des amplificateurs et des processeurs BÖSE. L'ensemble des processeurs APG est contrôlé à travers le réseau par un logiciel propriétaire (le Podware) permettant de grouper les sources à convenance pour effectuer des réglages plus globaux. Le DMS 48 permet de disperser 4 signaux différents (4 IN indépendants) sur 8 sorties (8 OUT) correspondant à 8 voies d'amplification.

Amplificateurs et processeurs sont rangés en *racks* que J. a fait placer sous la régie et sur la passerelle (*rack* 1 et 2). Il a réparti les différentes enceintes sur les voies d'amplification. Les processeurs permettent de charger sur chaque voie d'amplification le *preset* correspondant aux enceintes qu'elle alimente ainsi que d'égaliser et de retarder le signal envoyé. Les UL 210 sont des enceintes bi-amplifiées passives : il faut amplifier indépendamment le *tweeter* (haut-parleur pour les hautes fréquences) du *boomer* (haut -parleur pour les basses fréquences). Nous avons résumé les configurations de chaque *rack* puis de chaque processeur dans les tableaux qui suivent. La configuration de chaque processeur est visible dans le Podware (fig.14).

Rack	processeurs	ampli	source
1	1 x DMS 48	4 x SA30:2	FOH L DX 15 OUT FILLS DX 15 RAPPELS
2	1 x DMS 48	4 x SA30:2	FOH R UL 115B
3	1 x DMS 48	2 x Amplificateurs Powersoft	TB118S
4-5	Processeurs BÖSE	3 x Amplificateurs BÖSE	24 (4x6) MA12
6	-	2 x Amplificateurs CHEVIN Q6	4 x Shakers dans les fauteuils des jury

DMS 48	IN	DSP	OUT
1	1 : Stéréo L	A : UL 210 Haut de la ligne	1 : 4xUL 210, haut-parleur grave
			2 : 4xUL 210, haut-parleur aigu
		B : UL 210 Bas de la ligne	3 :4xUL 210, haut-parleur grave
			4 : 4xUL 210, haut-parleur aigu
	3 : Matrice Out Fills	C : Out Fills extérieurs	5 : 2xDX 15 gradin jardin
			6 : 2xDX 15 gradin jardin
	4 : Matrice Rappels	D: Rappel	7 : 2x DX 15 Rappel gradin central
2	1 : Stéréo R	A : UL 210 Haut de la ligne	1 : 4xUL 210, haut-parleur grave
			2 : 4xUL 210, haut-parleur aigu
		B : UL 210 Bas de la ligne	3 :4xUL 210, haut-parleur grave
			4 : 4xUL 210, haut-parleur aigu
	2 : Matrice UL 115B	C : UL 115B	5 : 2x UL 115B, haut de la ligne
			6 : 2x UL 115B milieu de la ligne
			7 : 2x UL 115B bas de la ligne

FIGURE 14 – Configuration des *rack* puis de chaque DMS 48

**Le câblage** Le câblage est directement lié à la configuration des processeurs et à la puissance des amplificateurs. Les enceintes UL 210 ont été *linkées* par 4, les UL 115B par 2.

Petit calcul pour vérifier l'impédance vue par l'amplificateur : l'impédance nominale des UL 210 est 16 Ohms, l'amplificateur en voit 4 en parallèle car elles sont *linkées*, soit une impédance équivalente de 4 Ohms. Cela correspond aux préconisations du constructeur.

Les DX15 sont *linkées* par deux, les *Out Fills* (gradin à jardin) comme les rappels. Le signal qu'elles diffusent est mono. Les TB 118S demandent plus puissance : chacun sa voie d'amplification, même s'ils diffusent tous le même signal. Pour finir, les MA12 sont *linkées* elles aussi par 4 : elles demandent peu de puissance et leur impédance de charge est de 8 Ohms, l'impédance équivalente (2 Ohms) reste acceptable pour l'amplificateur.

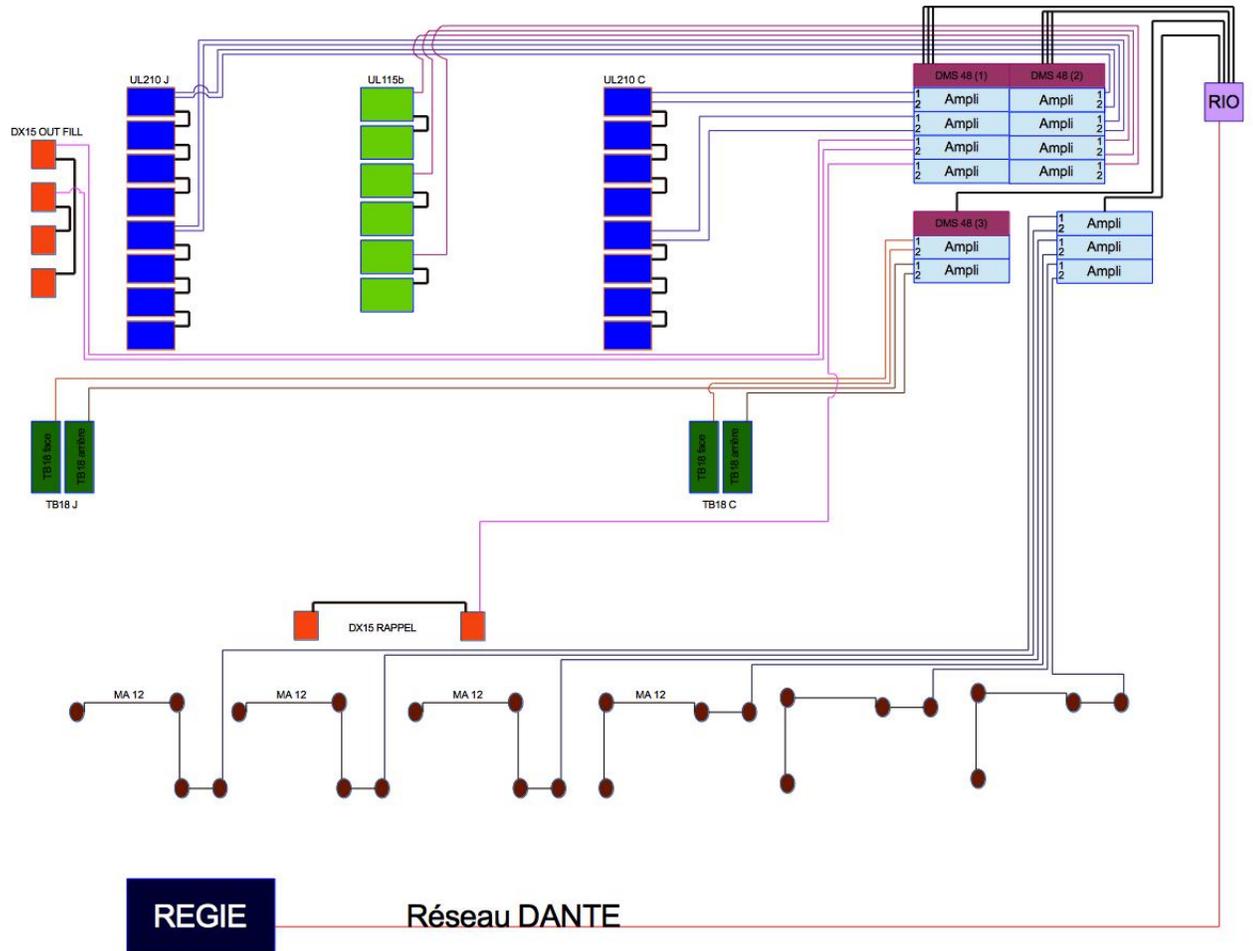


FIGURE 15 – Plan de câblage du système installé sur le plateau de l'émission The Voice

## La méthode

### 1. Préparation prévisionnelle

- (a) entrer le plan de la salle, tenir compte du décor, de la lumière et des contraintes visuelles de la télévision (rien ne doit être visible)
- (b) dessiner les zones d'audience (avec plus ou moins de précision suivant notre patience et notre temps)
- (c) choisir les points d'analyse (micros donnant le rendu fréquentiel en un point de l'audience)
- (d) placer les sources
- (e) régler une à une les sources, mettre les angles et les axes, la hauteur de chacune pour optimiser la prévision et essayer de déboucher chaque zone
- (f) vérifier la disponibilité de l'ensemble du matériel chez le loueur
- (g) imprimer les références pour le reste de l'équipe, finaliser le dossier

### 2. Transmission du projet

- (a) transmission du système choisi au prestataire, avec tous les besoins collatéraux
- (b) transmission des plans à la production, pour les *riggers* pour les points moteurs, pour les autres équipes techniques qui installeront en parallèle du son sur le plateau
- (c) préparation chez le prestataire de tout le matériel inventorié pour le projet, test de chacun des éléments (quand le temps le permet)

- (d) repérage sur le lieu pour vérifier les points d'accroche, les passages de câbles, la place des régies, les horaires et modalités de l'installation

### 3. Installation sur place

- (a) livraison du matériel par le prestataire
- (b) montage de la façade (fig. 16)
- (c) montage des *subwoofers*
- (d) montage des rappels en tous genres
- (e) câblage de chaque ensemble avec les amplificateurs-processeurs (en parallèle du montage, l'équipe s'est scindée en deux, une partie au câblage sur le grill en haut, l'autre sur le montage et câblage sous la régie)
- (f) test de chaque enceinte au sol
- (g) montage à hauteur de chaque ensemble (avec un inclinomètre et un décamètre pour les *line arrays*, fig. 17)

### 4. Calage du système

- (a) vérification de la couverture en puissance, réangler au besoin avec des drisses ou refaire les angles (réglages à l'oreille avec de la musique, faible niveau)
- (b) homogénéité fréquentielle de la couverture au sens vertical (4 points de mesures)
- (c) détermination du point de travail (un point proche de la moyenne obtenue précédemment ou un point stratégique)

- (d) égalisation à ce point de travail (fig.18 et fig.19)
- (e) égalisation des *subwoofers* (modification éventuelle de la fréquence de coupure, bruit rose, S.M.A.A.R.T. et processeurs)
- (f) mise en phase des *subwoofers* avec la façade en un point stratégique et réglage de leur niveau relatif (bruit rose, S.M.A.A.R.T., processeurs et oreille et musique pour le niveau, comparer fig.20 et fig.21)
- (g) vérification de cette mise en phase dans l'ensemble de la zone d'audience (oreille et musique)
- (h) modification de cette mise en phase pour homogénéiser au besoin (S.M.A.A.R.T., bruit rose puis oreille)
- (i) mise en phase et réglage des niveaux respectifs des différents rappels par rapport à la façade (bruit rose et S.M.A.A.R.T., puis oreille et musique)

#### 5. Arrivée de l'équipe artistique

- (a) écoute du son direct
- (b) réglages des égalisations en fonction de la source réelle musicale
- (c) réglage des délais, la source 1 étant maintenant la scène avec le son direct
- (d) réglage de la balance avec la source du son direct, des *subwoofers*, des rappels et de la façade



FIGURE 16 – Montage du système principal installé sur le plateau de l'émission The Voice

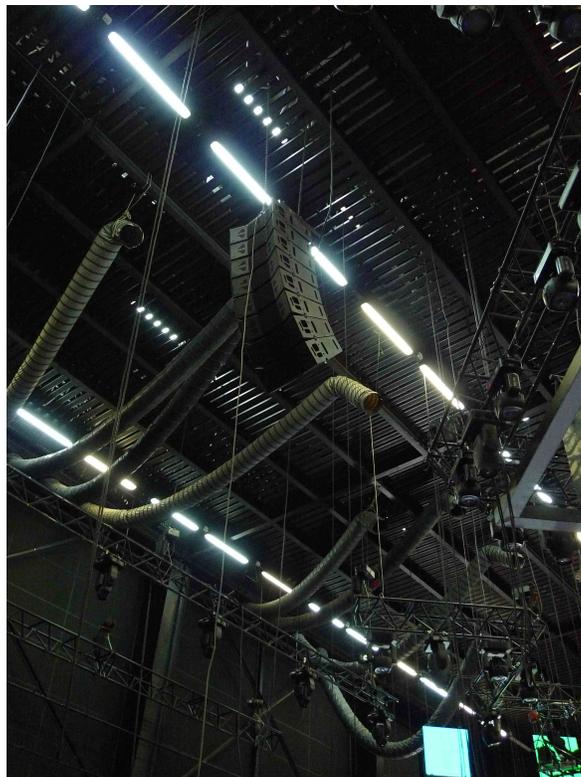


FIGURE 17 – Système principal suspendu à une dizaine de mètres



FIGURE 18 – Égalisation du système principal dans le processeur



FIGURE 19 – Égalisation du système principal

## ANNEXE . THE VOICE



FIGURE 20 – Phase non coincidente entre le système et les UL 115B dans la zone de raccord

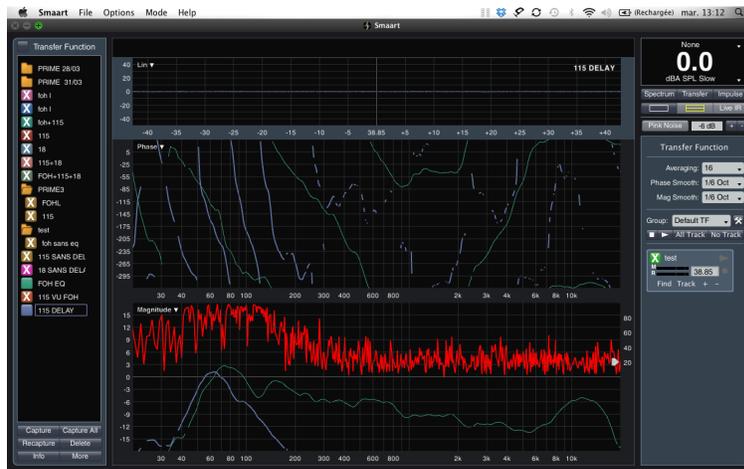


FIGURE 21 – Phase coincidente entre le système et les UL 115B dans la zone de raccord

### **L'analyse des choix**

**Les contraintes** La diffusion d'une émission musicale sur un plateau ressemble à celle d'un concert : on y retrouve une scène, des musiciens et un public.

La configuration est particulière. Le public est réparti à 270°, les musiciens de l'orchestre sont installés à cour. D'une part le public est étalé jusque derrière le système principal. D'autre part, la source de son direct est divisée entre l'orchestre à cour et les artistes-interprètes sur la scène.

L'ultime contrainte est la décoration. Autant que possible, les éléments de diffusion sonore ne doivent jamais apparaître à l'image. Le mot d'ordre : invisible. L'ingénieur doit composer avec une très forte contrainte en ce qui concerne le *design* et l'emplacement du système. La régie, pour ne pas être vue à l'image, s'installe hors de toute zone d'audience et hors de la zone de couverture du système de diffusion.

Suite à toutes ces contraintes, nous pouvons affirmer que la difficulté majeure de ce projet est l'homogénéité de la zone d'audience. La principale tâche de J. sera de parvenir à homogénéiser en niveau puis en fréquence l'ensemble des zones de public. Nous mettrons en avant que toutes les zones ne sont pas de la même importance. L'ingénieur système va donc pouvoir optimiser une zone puis essayer d'homogénéiser les autres.

**L'ingénieur système** L'installation du système lors de ce projet relève de multiples compromis. Nous n'énumérerons pas l'ensemble des choix qu'a dû réaliser J. pour mener à bien sa tâche mais nous mettrons en avant les caractéristiques de l'ingénieur système tel que ce métier a été présenté dans ce mémoire.

La première compétence de l'ingénieur système qui nous est apparue est ses qualités en management d'équipe. Le système à installer est conséquent. J. est à la fois le mixeur façade et l'ingénieur système. Lorsqu'il arrive sur place le jeudi, il est le seul responsable de l'équipe son. Il doit à la fois gérer l'équipe de *roads* embauchés pour le montage et rester disponible en cas de conflits avec les autres équipes de montage présentes. Où vont s'installer les régies respectives ? Quand la lumière libérera-t-elle la place pour mettre le système son ? ... etc. Parvenir à installer son système tel qu'il l'a conçu nécessite toutes ces qualités : communication, management, efficacité et une dose d'autorité.

Ensuite nous avons retrouvé toutes les étapes caractéristiques du travail de l'ingénieur système. Dans une configuration aussi délicate, l'approche prévisionnelle sur les logiciels de simulation s'est révélée importante. Même si ses prévisions semblent approximatives, J. s'est assuré d'avoir assez de puissance et des sources suffisamment réparties pour optimiser la quasi-totalité des zones de public. Il n'y a pas de place à l'expérimentation pour l'ingénieur système. Il doit gérer la pression du client, ici le producteur : TF1. J. intuitionne que le client a une priorité : optimiser la zone du jury. C'est l'emplacement de toute la production TF1 durant les répétitions. Cela a hiérarchisé la méthode de J. : il a essayé d'améliorer l'ensemble des zones de public à partir des réglages faits pour l'optimisation de l'écoute du jury.

Nous voyons ici la deuxième compétence de l'ingénieur système : faire les compromis entre l'idéal et les besoins réels de la situation. S'il avait pu, J. n'aurait certainement pas placé aussi haut son système principal, s'affranchissant de la diffraction subie par le haut du système principal du fait des ponts de lumière. Cela

l'oblige à installer les deux rappels en douche au dessus du gradin central. Le placement des UL 115B (au-dessus de la zone du jury) lui impose de renforcer le spectre bas dans cette zone avec les TB 118S. Il fait alors au mieux pour homogénéiser le grave dans l'ensemble de la zone. La sommation entre ces sources corrélées non coïncidentes et axées différemment reste très difficile à optimiser, voire impossible. La présence de public derrière le système principal est une zone difficile à couvrir. Il aurait fallu installer un système entier pour optimiser cette zone dignement. J. assure un minimum de diffusion grâce aux *Out Fills* qu'il installe le long des gradins.

J. est à la fois ingénieur système et mixeur façade. Il n'a pas besoin de projeter ce que souhaiterait le mixeur. Son réglage est donc très près du ressenti sonore, de la perception globale du système. Dans sa méthode, il peut faire à la fois les réglages d'optimisation, de correction et ceux de subjectivité, de choix de couleur de diffusion. De la sorte il optimise son futur travail de mixeur. N'oublions pas : J. est en charge de cette émission depuis plusieurs années, il en a acquis un savoir-faire évident et précieux.

## Troisième partie

# Annexes

# Conventions Collectives

## Nationales

Il existe deux conventions collectives qui régissent le spectacle vivant. Leur but est de définir "*les rapports entre les employeurs et les salariés au sein des entreprises de spectacle vivant du secteur privé*"<sup>4</sup> pour l'une et du secteur public pour l'autre. Elles intègrent l'une comme l'autre une classification des emplois et fixent les salaires minimaux par groupes de fonctions. Chaque emploi est classé en fonction de ses responsabilités, éventuellement formalisées par une délégation, de son degré d'autonomie et d'initiative et de sa technicité. Le groupe auquel il est rattaché renvoie à un degré de formation tel qu'il est réparti dans la nomenclature des niveaux de formation (fig.III).

*"La structuration des emplois hors artistes comprend 9 groupes. Les 4 premiers groupes relèvent de la catégorie « cadre ». Les groupes 5 à 7 relèvent de la catégorie « agent de maîtrise ». Les groupes 8 et 9 relèvent de la catégorie « employé*

---

4. réf. *Convention collective des entreprises du secteur privé du spectacle vivant*, février 2012

- *ouvrier* ».

*Critères classants :*

*Afin de permettre à chaque entreprise d'élaborer son organigramme propre comme il a été rappelé au préambule du présent titre, les parties conviennent de mettre en place une grille de classification des emplois autres qu'artistiques selon le principe dit des « critères classants ». Les indicateurs principaux permettant le classement des emplois sont :*

- *la responsabilité, éventuellement formalisée par une délégation ;*
- *le degré d'autonomie et d'initiative ;*
- *la technicité.*

*Ci-après, le dispositif est complété, à titre indicatif, par :*

- *une définition générale de la fonction et/ou un ou plusieurs intitulés de poste ;*
- *une référence à la nomenclature des niveaux de formation interministérielle (NNF 1969), et les habilitations effectuées par les organismes de formation initiale.*

*Les qualifications acquises par l'expérience personnelle, la formation continue et l'activité professionnelle peuvent donner lieu à des équivalences<sup>5</sup>."*

Les emplois de la filière technique sont répartis sur 6 groupes. Nous pouvons rattacher l'emploi de l'ingénieur système à différents groupes, suivant le degré d'autonomie qui lui est accordé. En voici la description.

---

5. réf. *Convention collective des entreprises artistiques et culturelles*, avril 2011

**"Groupe 4 :** Cadre fonctionnel ou opérationnel.

Responsable de secteur(s) : responsable de la préparation, de l'organisation et d'une activité particulière.

Niveau 3 de la nomenclature des niveaux de formation ou expérience équivalente. de la mise en oeuvre

**Ex : Concepteur (trice)** Responsable de la conception dans une discipline artistique, surveille si nécessaire le réglage de cette conception et peut éventuellement collaborer à sa mise en place.

Sont regroupés dans cette définition des emplois comme :

- éclairagiste/concepteur lumière.
- ingénieur du son ;
- concepteur des costumes, des maquillages, des perruques, des coiffures, des artifices...
- décorateur ;
- pyrotechnicien ;
- concepteur images-vidéo ;
- concepteur de structure scénique ou acrobatique.

**Groupe 6 :** Exécution de tâches spécifiques demandant une technicité supérieure.

Autonomie et contrôle dans un délai prescrit. Peut être appelé à exercer des responsabilités d'encadrement.

Technicien hautement qualifié capable de mener, seul ou à la tête d'une

équipe, l'exécution d'un projet, d'une mission.

Attaché de fonction.

Niveau 3 de la nomenclature des niveaux de formation.

**Ex : Régisseur (euse) son :** Chargé (e) de la mise en oeuvre, du réglage et de la manipulation des appareils électroacoustiques dont il (elle) peut assurer l'entretien courant. Peut être chargé (e) de responsabilités de création ou appelé (e) à participer à celle-ci.

**Groupe 7 :** Personnel bénéficiant d'une qualification technique, administrative ou de sécurité, exécutant des tâches nécessitant une formation initiale.

Technicien qualifié.

Niveau 4 de la nomenclature des niveaux de formation.

**Ex :Autres techniciens (nes)** Apte à assurer la responsabilité : du réglage et de la manipulation des équipements techniques d'un spectacle et de l'entretien et du dépannage courants.

Sont regroupés dans cette définition des emplois comme :

- électricien ;
- technicien hydraulique / de structure ;
- technicien lumière ;
- technicien son ;
- technicien console ;

- technicien vidéo ;
- technicien image ;
- technicien effets spéciaux ;
- technicien groupe électrogène ;
- technicien instruments ;
- technicien de sécurité (cirques)<sup>6</sup>."

Nous pouvons donc comprendre que la question du statut et de la responsabilité de l'ingénieur système reste à définir entre professionnels, de manière officieuse lors de l'embauche. Nous tenons à préciser que dans le cadre de prestations, les professionnels sont embauchés en tant que technicien, ce qui correspond à un niveau de formation d'un "ouvrier spécialisé". L'ingénieur système ne fait pas exception.

---

6. réf. *Convention collective des entreprises artistiques et culturelles*, avril 2011

<b>Nomenclature des niveaux de formation</b>		
(approuvée par décision du groupe permanent de la formation professionnelle et de la promotion sociale, le 21 mars 1969)		
NIVEAU	DEFINITION	INDICATIONS
<b>V</b>	Personnel occupant des emplois exigeant normalement un niveau de formation équivalent à celui du brevet d'études professionnelles (BEP) ou du certificat d'aptitude professionnelle (CAP), et par assimilation, du certificat de formation professionnelle des adultes (CFPA) du premier degré.	Ce niveau correspond à une qualification complète pour l'exercice d'une activité bien déterminée avec la capacité d'utiliser les instruments et les techniques qui s'y rapportent. Cette activité concerne principalement un travail d'exécution qui peut être autonome dans la limite des techniques qui y sont afférentes.
<b>IV</b>	Personnel occupant des emplois de maîtrise ou d'ouvrier hautement qualifié et pouvant attester d'un niveau de formation équivalent à celui du brevet professionnel (BP), du brevet de technicien (BT), du baccalauréat professionnel ou du baccalauréat technologique.	Une qualification de niveau IV implique davantage de connaissances théoriques que le niveau précédent. Cette activité concerne principalement un travail technique qui peut être exécuté de façon autonome et/ou comporter des responsabilités d'encadrement (maîtrise) et de coordination.
<b>III</b>	Personnel occupant des emplois qui exigent normalement des formations du niveau du diplôme des Instituts Universitaires de Technologie (DUT) ou du brevet de technicien supérieur (BTS) ou de fin de premier cycle de l'enseignement supérieur.	La qualification de niveau III correspond à des connaissances et des capacités de niveau supérieur sans toutefois comporter la maîtrise des fondements scientifiques des domaines concernés. Les capacités et connaissances requises permettent d'assurer de façon autonome ou indépendante des responsabilités de conception et/ou d'encadrement et/ou de gestion.
<b>II</b>	Personnel occupant des emplois exigeant normalement une formation d'un niveau comparable à celui de la licence ou de la maîtrise.	A ce niveau, l'exercice d'une activité professionnelle salariée ou indépendante implique la maîtrise des fondements scientifiques de la profession, conduisant généralement à l'autonomie dans l'exercice de cette activité.
<b>I</b>	Personnel occupant des emplois exigeant normalement une formation de niveau supérieur à celui de la maîtrise.	En plus d'une connaissance affirmée des fondements scientifiques d'une activité professionnelle, une qualification de niveau I nécessite la maîtrise de processus de conception ou de recherche.

FIGURE 22 – Nomenclature des niveaux de formation

# Documentations Tehniques



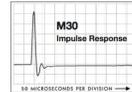
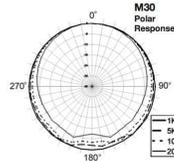
## Microphone de mesures M30 Earthworks



### M30 High Definition Measurement Microphone™



- One of the Industry's Most Popular Measurement Microphones
- 30kHz Free-Field Frequency Response
- Meets or Exceeds Type 1 Specifications
- 142dB SPL Max Acoustic Input
- Used by Research Laboratories and Acousticians Throughout the World
- Ideal for SMAART™, MLSSA™, Spectrafoo™, TEF™, RTA and all "Audio Band" Measurements
- Requires 48V Phantom Power
- Multiple Measurement Microphones can be matched for a nominal fee
- Electronic Calibration Files are Available on-line after completing product registration at no cost



**SPECIFICATIONS**  
 Frequency Response: 5Hz to 30kHz ±1.5dB  
 Polar Pattern: Omnidirectional  
 Sensitivity: 30mV/Pa (Typical)  
 Power Requirements: 48V Phantom, 10mA  
 Max Acoustic Input: 142dB SPL  
 Output: 30.0V (0m Pa)  
 Min. Output Load: 600 ohms between pins 2 & 3  
 Noise: 22dB SPL (A weighted)  
 Temp. Operating Range: 14° to 104°F (-10°C to 40°C)  
 Dimensions L x D: 9 x .860 in. (229 x 22 mm)  
 Weight: 0.5 lb. (227g)

**ELECTRONIC CALIBRATION FILES**  
 Electronic Calibration files are available for all models of Earthworks measurement microphones, so your specific microphone can be calibrated to your measurement software or system. For you to obtain your electronic calibration file (ECF), you must first register your microphone online at [earthworksaudio.com/register](http://earthworksaudio.com/register) and afterwards go to [earthworksaudio.com/ecf](http://earthworksaudio.com/ecf) to request your ECF file, which will be sent to you as an email attachment. If you have any questions, please call 603-654-2433, ext 114 or email: [sales@earthworksaudio.com](mailto:sales@earthworksaudio.com)

Earthworks M Series measurement microphones have become the accepted standard for reliable measurement and reference. They are accurate in the time and frequency domain and have exceptionally uniform polar response. They feature flat free-field frequency response, fast impulse response, and are remarkably stable with respect to temperature changes, meeting or exceeding Type 1 specifications. Our M Series measurement microphones are used and recommended by SMAART™, MLSSA™, Spectrafoo™, TEF™, RTA in addition to acoustic measurement systems manufactured by dbx, Rational Acoustics, DEQX and others.

The M30 is one of the most respected, accurate and reliable measurement microphones on the market. Consultants and Acousticians throughout the world rely on the M30 in performing their measurements and acoustical analysis. In addition, they have great respect for the near-perfect polar response of this microphone. The M30 provides an impressive frequency response of 5Hz to 30kHz, near-perfect polar response and it will handle 142dB SPL. For those looking for an extremely accurate and reliable measurement microphone, the Earthworks M30 is it.

The Earthworks line of measurement microphones (with exception to the M30BX, which is battery operated) require standard 48V phantom power and up to 10mA of current (which is within the industry phantom power standard). 10mA of

current is required to supply our high current, bipolar Class A amplifier within the microphone that is made with all discrete components, with no capacitors in the signal path providing excellent phase response. This also allows the microphone(s) to feed long signal lines up to 300 feet (91m) and maintain the full frequency response of the microphone at the other end of the line, without any loss in high frequencies.

The M30 comes in a protective carton with a custom die-cut foam insert and its own individual calibration chart. For those who desire calibration files to interface with their software, these are available at no cost. In addition, any number of microphones can be matched for a nominal fee. The M30 requires standard 48V phantom power for operation.

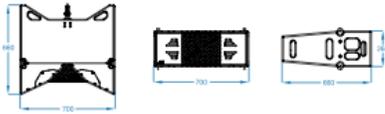
The M30 is robust and can be used in a wide variety of environments from the most elegant of research laboratories to making measurements in the outdoors and tropics. In making acoustic measurements, the M30 will be your most trusted, accurate and reliable measurement instrument.



## Enceinte UL 210 APG

# UL210

## Spécifications Techniques



Caractéristiques	UL210	
	low/mid	mid/high
Réponse en fréquence, 2 way (1)	65 - 450 Hz	0,45-13 kHz
Réponse en fréquence, 3 way (1)	80 - 110 - 450 Hz	0,45-13 kHz
Réponse en fréquence, 4 way (1)	80 - 110 - 450 Hz	0,45-13 kHz
Efficacité @ 1W, 1m	99 dB SPL	108 dB SPL
Niveau maximum à 1m	129 dB SPL	131 dB SPL
Niveau crête @ 1m	135 dB SPL	138 dB SPL
Directivité, angles à -6 dB (2)	85° H	85° H x 10° V
Impédance nominale	16 Ohms	16 Ohms

Composants		
Transducteurs	2 x 25 cm (10")	1x17cm / 1xHF 1" coaxial
Diamètres de bobine	75 mm	50 mm et 45 mm
Type de charge	Bass reflex	8ohm <sup>3</sup> et pavillon à directivité constante

Puissances		
Amplification recommandée (3)	800 à 1800 W	300 à 600 W
DRP	2400 W	900 W
AES (4)	600 W	300 W

Construction et caractéristiques physiques	
Épaisseur	Multiple de bords 15 mm
Finition	Aquarethane noir à haute résistance
Grille de protection	Acier perforé de 2 mm à haute transparence acoustique
Connecteurs	2 SP5A20N, N, 40P (5)
Pegholes	6 poignées intégrées
Accrochage	Système câblé en 3 points, angulation de 0 à 10° (pas de 1°)
Dimensions (H x P)	264 x 700 x 690 mm
Masse unitaire nette	38 kg

Options et accessoires	
UL210MS	Railway de transport et emballage vertical pour UL210 (1 à 6 enceintes)
FCU210HG	Croche de flight case pour 3 UL210 sur plateau
FCU210V2	Flight case de transport pour 2 enceintes UL210 en position verticale
ULTRUSS	Trous polyvalent pour lavage et utilisation posée
FCU210USS	Flight case pour 2 x ULTRUSS

Traitement du signal	
Les processeurs APG dédiés aux différents systèmes de la gamme permettent d'assurer la combinaison des "subwoofers" avec les enceintes satellites. Ces processeurs assurent les fonctions de filtrage, de protection et de distribution du signal dans le système de sonorisation. Pour les processeurs numériques, APG fournit une banque de « preset » contrôlée qui permet de piloter toutes les configurations de système de manière souple et fiable et avec le meilleur niveau de polyvalence et de modularité.	

(1) La réponse de chaque bande des UL210 en mode large bande est limitée à 05 Hz mais dépend du nombre d'enceintes couplées. En mode «basse» et en mode «toute bande» la fréquence de coupure est élastique entre 80 Hz et 110 Hz en fonction de la configuration du système.

(2) Dans le plan horizontal, la directivité est constante à partir de 350 Hz avec une ouverture de 85° jusqu'à 1 kHz. Dans le plan vertical, la directivité est progressive, c'est-à-dire qu'elle se resserre progressivement quand on monte en fréquence ce qui garantit un couvrage vertical sans interférence destructive jusqu'à 1 kHz. Néanmoins on peut donner une valeur moyenne d'ouverture acoustique de 10° dans la bande audible.

(3) Afin d'exploiter toute la capacité dynamique de l'enceinte et d'obtenir les meilleures performances, il est recommandé d'exploiter une puissance d'amplification d'au moins la puissance AES. Dans des cas spécifiques d'application à puissance maximale (sonorisation spéciale, etc.) la puissance de crête peut être inférieure à la puissance AES.

(4) La norme de puissance AES correspond à une utilisation de l'enceinte pendant 2 heures, au bruit rose fixé sur une durée (facteur de crête de 0,4) dans la bande audible.

(5) Les connecteurs autres SP5A20N 4 points sont recommandés en 1, 1.

# 5 ANS GARANTIE

Les parties grisées de cette notice sont réservées à l'usage interne de l'entreprise APG. Elles ne sont pas destinées à être diffusées ou utilisées dans des documents officiels de l'entreprise APG. Elles ne sont pas destinées à être diffusées ou utilisées dans des documents officiels de l'entreprise APG.

## Enceinte UL 115B APG

### Spécifications Techniques



Caractéristiques	UL115B
Bande passante sans processeur (± 3 dB)	50 Hz à 180 Hz
Bande passante avec processeur (± 3 dB)	45 Hz à 110 Hz (1)
Efficacité @ 1W à 1m	102 dB SPL
Niveau maxi continu à 1m	132 dB SPL
Niveau crête à 1m	138 dB SPL
Impédance nominale	8 ohms

Composants	
Transducteurs	1 x 38cm (15") néodyme à moteur ventilé
Diamètre de la bobine	100 mm (4")
Type de charge	Passé bande + pavillon type K-Horn

Puissances	
Amplification recommandée (2)	1150 à 2300 W
Crête	3000 W
AES (3)	1150 W

Construction et caractéristiques physiques	
Exécutif	Multiple de boudins 15 mm feuilleté collé marine
Finion	Peinture acrylique noire haute résistance
Grille de protection	Acier 2mm à forte transparence acoustique
Façade	Mousse acoustique encolée de 5 mm noire
Connecteurs	3 SPEAKON NLAMP (4)
Poignées	10 poignées intégrées
Dimensions (L, P, H)	397 x 700 x 750 mm
Masse nette unitaire	45 kg

Options et accessoires	
UL115RWS	Plateau de transport en empilage vertical pour UL115B (1 à 4 enceintes)
FOUL115R2	Cloche de flight case pour 2 x UL115B sur plateau
ULTRUSS	Trous polyvalent pour levage et utilisation posé
FCZULTRUSS	Flight case pour 2 x ULTRUSS

**Traitement du signal**

Les processeurs APG dédiés aux différents systèmes de la gamme permettent d'assurer la combinaison des "subwoofers" avec les enceintes satellites. Ces processeurs assurent les fonctions de filtrage, de protection et de distribution du signal dans le système de sonorisation. Pour les processeurs numériques, APG fournit une banque de « preset » complète qui permet de piloter toutes les configurations de système de manière souple et fiable et avec le meilleur niveau de polyvalence et de modularité.

(1) La réponse en fréquence des UL115B est en général limitée à 80 Hz. Toutefois la fréquence de coupure est ajustable entre 60 Hz et 110 Hz en fonction de la configuration du système.

(2) Afin d'exploiter toute la capacité dynamique de l'enceinte et d'obtenir les meilleures performances, il est recommandé d'appliquer une puissance d'amplification d'au moins la puissance AES. Dans des cas spécifiques d'application à puissance limitée (sonorisation sportive, etc) la puissance de l'amp peut être inférieure à la puissance AES.

(3) La norme de puissance AES correspond à une utilisation de l'enceinte pendant 2 heures, en bruit rose filtré sur une bande (facteur de crête de 6 dB) dans le bande utile.

(4) Les connecteurs SPEAKON 4 paires sont recommandés en 1+1-1- bande que le connecteur avec (configurations considérées) est câblé en 2+2-2-.

**5 ANS GARANTIE** sur les pièces usées de nos produits pendant 5 ans de leur durée de vie. Cette garantie est valable sur les produits neufs estimés de prix.

Diffusion: Mars 2012

APG mène une politique de recherche et de développement destinée à l'innovation de ses produits. Pour cette raison, de nouvelles méthodes, matériaux, technologies et composants de pointe peuvent être introduits sans avertissement préalable. De ce fait, ce produit APG peut contenir des éléments sujets de la conception, publique ou privée, sans notification contraire, les caractéristiques seront susceptibles de varier à l'avenir.

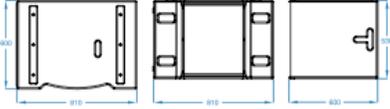


APG FRANCE - 19 bis rue des écoles - Site Valnor ZI Haute - 95500 Le Thillay  
 Tel. : +33 (0)1 30 18 92 70 - Fax : +33 (0)1 30 18 92 71 - e-mail : contact@apg.tm.fr - www.apg.tm.fr

## Enceinte TB 118S APG

# TB118S

## Spécifications Techniques



Caractéristiques	TB118S
Range passante sans processeur (±3 dB)	40 Hz à 140 Hz
Range passante avec processeur (±3 dB)	30 Hz à 160 Hz (1)
Efficacité @ 1W à 1m	102 dB SPL
Niveau max continu à 1m	133 dB SPL
Niveau d'été à 1m (été/été)	139 dB SPL
Impédance nominale	8 ohms

Composants	
Transducteurs	1 x 40cm (10") rétrocote à moteur ventilé
Diamètre de la bobine	100 mm (4")
Type de charge	Double charge interactive + pavillon type K-Horn

Puissances	
Amplification recommandée (2)	1300 à 2600 W
Instantanée	3600 W
AES (2)	1300 W

Construction et caractéristiques physiques	
Boîtier	Multiple de soude, 15 mm feuilleté côté maître
Revêtement	Revêtement acoustique non chargé à haute résistance
Grille de protection	Acier 2mm perforé à forte transparence acoustique
Face avant	Mousse acoustique encaillée de 10 mm noire
Connecteurs	2 SPEAKON NL4MP (3)
Pignées	3 poignées télescopiques
Dimensions (H x L x P)	530 x 810 x 600 mm
Masse nette unitaire	45 kg
Masse brute emballée	47 kg

Options et Accessoires	
KR100 (4)	Kit de 4 roulettes de 100 mm
KR125 (4)	Kit de 4 roulettes de 125 mm
SC1B18S	Hauteur de transport pour 1 x TB118S
REG24 (5)	4 anneaux de levage AEROLIFT™
NKX10 (6)	Vaisselle inox et traitement imperméabilisant des HP
TREPCO2 (7)	Trépanation complète : obésité, visserie et HP
REPENTE (8)	Peinture suivant cotés sur mesure

**Traitement du signal**

Les processeurs APG dédiés aux différents systèmes de la gamme permettent d'assurer la combinaison des "subwoofers" avec les enceintes satellites. Des processeurs assurent les fonctions de filtrage, de protection et de distribution du signal dans le système de sonorisation.

(1) La réponse en fréquence est limitée à 80 Hz par la fréquence de coupure des processeurs APG, équivalant à TB118S est applicable jusqu'à 140 Hz.

(2) L'amplification recommandée pour respecter les caractéristiques de dynamique, de qualité sonore et de fiabilité des produits APG doit correspondre au minimum à la puissance admissible AES. En cas d'utilisation à forte puissance (concerts, diffusion répartie etc.), une amplification inférieure est concevable, sans dépasser des valeurs à la moitié de la puissance AES. La norme de puissance AES correspond à une utilisation journalière de 2 heures, en bruit rose (facteur de correction de 0 dB) sur une durée dans la bande utile.

(3) Les SPEAKON connectors are wired: pin 1+, pin 1- and pin 2+, pin 2-.

(4) Les options KR100 et KR125 comprennent respectivement 4 roulettes de 100mm et 125mm (prelevées avec frein et blocage).

(5) Intégration d'anneaux de levage AEROLIFT™ permettant la suspension de l'enceinte par des câbles.

(6) L'option NKX comprend le montage de l'enceinte en vase inox et le traitement imperméabilisant des membranes des haut-parleurs.

(7) L'option de trépanation comprend le revêtement de l'enceinte par une coque en polyéther, la visserie inoxydable et le traitement imperméabilisant des membranes.

(8) L'option peinture comprend une peinture suivant cotés spécifique (peinture RAL, PANTONE ou équivalent).



APG France - 19 bis rue des écoles - Site Valnor ZI Haute - 95500 Le Thillay  
 Tel. : +33 (0)1 30 18 92 70 - Fax : +33 (0)1 30 18 92 71 - e-mail : contact@app.tm.fr - www.app.tm.fr

## Enceinte Q1 de d&b

### Dispersion characteristics

The graphs below show dispersion angle over frequency of a single Q1 cabinet plotted using lines of equal sound pressure (isobars) at -6 dB and -12 dB. The nominal horizontal dispersion of 75° is maintained above 400 Hz.

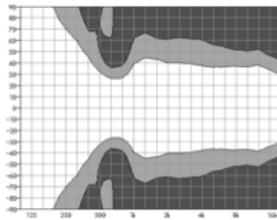


Fig. 6: Isobar diagram Q1 horizontal

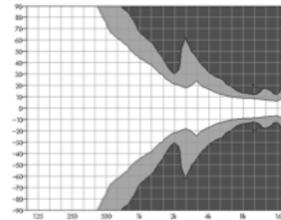


Fig. 7: Isobar diagram Q1 vertical

### Technical specifications

<b>Q1 System data</b>	
Frequency response (-5 dB standard)	60 Hz .. 17 kHz
Frequency response (-5 dB CUT mode)	100 Hz .. 17 kHz
Max. sound pressure (single cabinet, 1 m, free field) with D12	139 dB
Max. sound pressure (single cabinet, 1 m, free field) with D6	135 dB
(SPLmax peak, pink noise test signal with crest factor of 4)	
Input level (100 dB-SPL/1 m)	-18 dBu
<b>Q1 loudspeaker</b>	
Nominal impedance	8 ohms
Power handling capacity (RMS / peak 10 ms)	400/1600 W
Nominal dispersion angle (hor. x vert.)	75° x 15°
Components	2 x 10" driver
	1.3" compression driver
	Passive crossover network
Connections	2 x EP5
Pin assignments	EP5: 1/2
	NL4: 1+/1-
Weight	22 kg (49 lb)

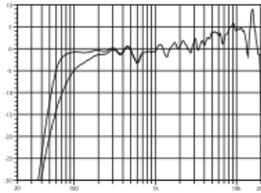


Fig. 8: Q1 frequency response, standard and CUT settings, single cabinet

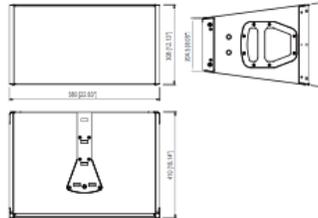
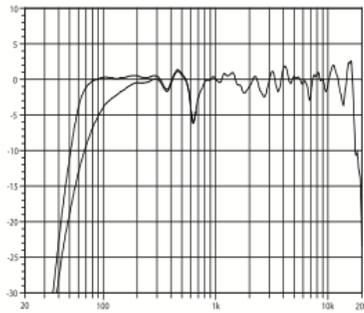


Fig. 9: Q1 cabinet dimensions in mm [inch]

## Enceinte Q7 de d&b



**Fig. 9: Q7 frequency response, standard and CUT settings**

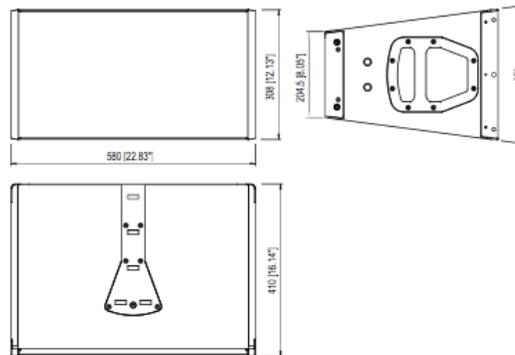
### Technical specifications

#### Q7 system data

Frequency response (-5 dB standard).....	60 Hz ... 17 kHz
Frequency response (-5 dB CUT mode).....	100 Hz ... 17 kHz
Max. sound pressure (single cabinet, 1 m, free field) with D12.....	138 dB
Max. sound pressure (single cabinet, 1 m, free field) with D6.....	134 dB (SPLmax peak, pink noise test signal with crest factor of 4)
Input level (100 dB-SPL/1 m).....	-17 dBu

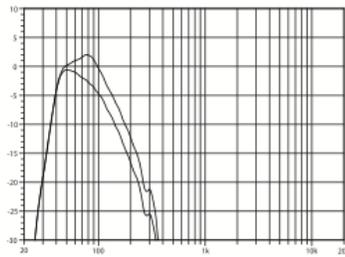
#### Q7 loudspeaker

Nominal impedance.....	8 ohms
Power handling capacity (RMS / peak 10 ms).....	400/1600 W
Nominal dispersion angle (hor. x vert.).....	75° x 40°
Components.....	2 x 10" driver 1.3" compression driver
.....	Passive crossover network
Connections.....	2 x EP5 .....(optional 2 x NL4)
Pin assignments.....	EP5: 1/2 .....NL4: 1+/1-
Weight.....	22 kg (49 lb)



**Fig. 10: Q7 cabinet dimensions in mm [inch]**

## Enceinte Q-Sub de d&b



**Fig. 4: Q-SUB frequency response, standard and 100 Hz settings**

### Technical specifications

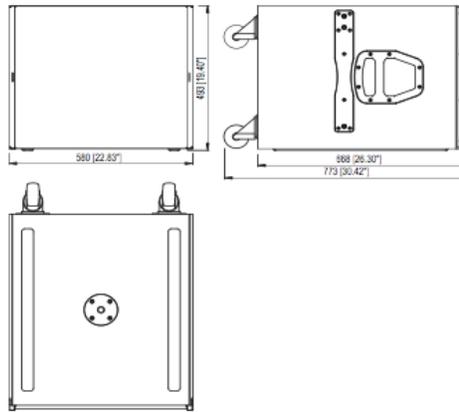
#### Q-SUB system data

Frequency response (-5 dB standard).....	40 Hz ... 130 Hz
Frequency response (-5 dB 100 Hz mode).....	40 Hz ... 100 Hz
Max. sound pressure (single cabinet, 1 m, free field) with D12.....	133 dB
Max. sound pressure (single cabinet, 1 m, free field) with D6.....	129 dB
(SPLmax peak, pink noise test signal with crest factor of 4)	

Input level (100 dB-SPL/1 m).....-13 dBu

#### Q-SUB subwoofer

Nominal impedance.....	8 ohms
Power handling capacity (RMS / peak 10 ms).....	400/1600 W
Components.....	18" driver
Connections.....	2 x EP5
.....optional 2 x NL4	
Pin assignments.....	EP5: 3/4, SenseDrive pin 5
.....NL4: 2+/2-	
Weight.....	42 kg (92.6 lb)



**Fig. 5: Q-SUB cabinet dimensions in mm [inch]**

# Interview

### **Interview Éric Grandmougin**

"Le métier d'ingénieur système a été découvert avec l'avènement du *line array* dans les années 90. C'était à l'époque quelque chose d'extrêmement scientifique et bien cadré. Depuis les années 2000, l'ingénieur système s'est un peu confondu avec le sonorisateur de façade. Le niveau scientifique de l'ingénieur système de prestations a été tiré vers le bas. Il y a très peu de véritables ingénieurs système au sens électro-acoustique du terme. On trouve des mixeurs façades qui, comme ils font de l'accueil, s'occupent du système. Malheureusement, les prestataires ne jouent pas le jeu : ils achètent des systèmes à quelques centaines de milliers d'euros mais n'achètent pas le matériel nécessaire, valant quelques milliers d'euros, pour caler correctement le système. On se retrouve avec des ingénieurs système sur le terrain qui n'ont pas les outils de modélisation, les outils de mesures adaptés et sans beaucoup d'expérience sur ce genre de situation.

On pourrait résumer l'ingénierie système à trois niveaux en France : tout d'abord il y a celle menée par les bureaux d'études, très rare, pour de très grosses opérations. Elle est engagée par le client final qui cherche un très fort engagement de résultats et une structure qui puisse assumer juridiquement les conséquences d'une éventuelle erreur ou qui souhaite faire une installation pérenne. Le bureau d'études est souvent hors budget pour la prestation. Il s'occupe surtout de systèmes acoustiques pour

de l'installation fixe, avec beaucoup de calculs. Il va aller le plus loin possible dans la mesure. Le bureau d'études s'engagent sur des résultats, sur des données chiffrées, avec des pénalités telles que le remboursement de la totalité des sommes engagées jusqu'à des clauses pénales. Mon bureau d'études fait partie des systèmes de sécurité. Ensuite, il y a celle menée par des sociétés d'ingénierie système spécialisées. Elles sont peu nombreuses. On fait appel à elles lors de production de tournées sur quelques cas compliqués, "pour assurer le coup". Enfin, il y a celle faite par les ingénieurs *free lance*. Ils s'occupent alors du chargement, du déchargement, du montage, du calage, de l'accueil... Les prestataires font très peu appel à des bureaux d'études car ils ne seraient plus concurrentiels : les prix d'action d'un bureau d'études n'ont rien à voir avec ceux d'un intermittent. On peut éventuellement parler d'une quatrième, celle faite par les marques. Les constructeurs sous-traitent ou proposent des compétences en interne. Cette forme d'ingénierie est commerciale et très ponctuelle. Le client final est soit une production, soit un artiste soit une entreprise de prestation. C'est lui qui choisit le niveau d'ingénierie.

**Quels sont les outils et les méthodes des ingénieurs système des bureaux d'études ?**

Les outils utilisés pas les ingénieurs système en bureaux d'études sont nombreux : mesures acoustiques, mesures électriques, mesures topographiques, angles, distances, modélisation rapide d'acoustique de salle Il faut des outils suffisamment performants pour pouvoir mettre en place

et régler les paramètres le plus rapidement possible. Très très peu d'ingénieurs système sont complètement équipés. Notre méthode essaie d'être la plus indépendante possible de ce que peuvent faire les fabricants. Ici, nous avons des licences de modélisation EASE, 5 postes dont un de modélisation en lancer de rayon. Les mesures acoustiques de niveaux sonores sont extrêmement précises. Nous utilisons des sonomètres intégrateurs, certifiés par les constructeurs. Nous nous servons EASERA SysTune pour les analyses de réponse impulsionnelle (2 licences, 2 systèmes), avec systématiquement des microphones de classe 1.

Nous faisons des mesures d'intelligibilité en STIPA, avec source et système de mesures normalisés (mesure de la qualité de réception de la parole dans une salle). Elles se basent sur de nombreux indices, notamment l'indice STI, tiré de la fonction de transfert de modulation et se font uniquement sur un système bouclé, 96 signaux analysés.

Nous sommes 4 dans cette agence : un technicien de mesures, qui s'occupe de la mesure et du maillage, un ingénieur acousticien qui travaille sur les parties traitement acoustique des bâtiments, un ingénieur électro-acousticien qui s'occupe de la modélisation et moi-même, le gérant, qui assure la coordination et la conception globale. Pourtant, nous travaillons rarement à plus de deux sur un projet : conception mesure, base de conception, modélisation, validation de modélisation. Quand il y a du relevé, nous engageons quelqu'un pour le faire. La modélisation est du travail lourd : il faut rentrer tous les points, toutes les faces et le

faire de manière intelligente. Quand on met une face dans un modèle, est-ce que cette face a vraiment lieu d'être? Trop de faces dans une analyse statistique implique un temps de réverbération qui ne sera pas nécessairement celui qu'on obtiendra en réalité.

**Quelles sont les différences entre l'ingénieur système de prestation et celui que l'on trouve en bureau d'études ?**

En prestation, on ne demande pas de résultats, on est sur quelqu'un qui, subjectivement par rapport à son expérience, va fournir un résultat subjectif, dans un temps extrêmement court. On y arrive avec une tolérance relativement importante. L'ingénieur de prestation a principalement une responsabilité : les surniveaux sonores. Mais en réalité, il y a peu de moyens pour savoir à qui revient la responsabilité en cas de déficience auditive du public.

Le bureau d'études a une activité de prescription : prendre le besoin du client, lui faire exprimer son besoin, lui proposer une solution technique qui lui permette de répondre à son besoin, une enveloppe financière qui lui permette de répondre à son besoin, lui faire choisir la meilleure entreprise pour mettre en place la solution technique qui réponde à son besoin et lui démontrer que la solution qu'on lui livre réponde à son besoin. Nous travaillons travaillons avec des architectes. Nous mettons une compétence particulière au service d'un projet, d'une réglementation, de sorte qu'un système de sonorisation soit réglementaire et puisse répondre à un besoin très clairement exprimé. Le bureau s'inscrit dans

une équipe, c'est l'architecte qui construit l'équipe la plus part du temps.  
Parfois, le client vient directement nous chercher.

## **Interview Mathieu Delquignies**

### **Que faites vous pour le constructeur APG ?**

Il y a un tiers de R&D, un tiers du support technique en France et un tiers de support technique à l'international. Le R&D consiste à faire le lien avec le terrain et les utilisateurs sur la définition du cahier des charges, les spécifications d'un produit. Cela consiste à réunir les gens qui sont liés au marché que l'on vise. Par exemple, si c'est pour faire un retour de scène, on va demander à des ingénieurs son qui font du retour de scène de venir avec nous pour les consulter afin de poser les bases du cahier des charges. Si c'est pour un système de diffusion ou pour une installation, on va demander à des bureaux d'études qui travaillent dans ce domaine là. On leur demande ce que l'on peut apporter de nouveau. C'est ce que l'on appelle des pôles de concertation technique. Ensuite, d'autres techniciens essaient de trouver des solutions à partir du cahier des charges ainsi établi. Je ré-interviens à la fin, pour valider les prototypes. On réunit le même genre de personne, souvent les mêmes individus que pour le cahier des charges. On leur présente les prototypes pour vérifier que l'on a atteint les objectifs fixés au départ. S'il y a des modifications à faire, on réalise bien évidemment plusieurs prototypes. Une fois les prototypes validés, en parallèle de la pré-production (petite série produite pour vérifier que la chaîne de production s'effectue bien), on finalise la partie *preset*, les outils de simulations, les documentations.

**C'est toi qui t'occupes des *preset* ?**

Je suis responsable de ça, avec la partie documentation, la partie formation et les outils. C'est mon implication dans le R&D. Ensuite, un tiers de mon temps est dédié au support technique en France. C'est un peu particulier car on est fabricant français et on se distribue aussi. On est en contact direct avec les utilisateurs finaux. Assurer le support et la distribution permet d'avoir un bon retour. C'est notre « *poul* » de beta-testeurs, ça permet de valider avec le terrain directement. Cela veut dire qu'on fait directement du support aux clients. Le dernier tiers est dédié au support technique à l'international. Là, on a des distributeurs dans chaque pays qui font le même travail que nous en France. Il faut leur transmettre tout le travail de R&D réalisé en France pour qu'ils puissent le reproduire dans leur pays. Il y a donc un intermédiaire en plus, le distributeur, qui fait l'interface entre nous et les clients finaux. On est plus rarement en contact direct avec eux. Ça peut arriver dans le cadre de démonstrations, d'études.

**En R&D , quand tu fais des *preset*, tu joues sur quels paramètres ?**

Dans les *preset*, il y a une partie de l'expertise du fabricant. Le premier rôle de *preset* est de fiabiliser le système : c'est un système professionnel, la première chose qu'on lui demande, c'est d'être fiable. Il assure aussi un bon maintien des caractéristiques dans le temps. Cela

vient beaucoup des choix des composants, mais la partie électronique joue aussi. La première phase est de limiter la bande passante : ne pas laisser passer des signaux qui, de toutes façons, ne vont pas être reproduits par le haut-parleur et qui provoqueraient une surpuissance et une utilisation inutile de l'enceinte. Il y a donc une première part du *preset* liée à l'optimisation, à la limitation de la bande passante et à tous les critères qui permettent de protéger l'enceinte. Une deuxième partie concerne l'optimisation par rapport à la réponse en fréquence de l'enceinte. On connaît bien, en tant que fabricant, la vocation de l'enceinte. Par exemple le calage du *bass reflex* : on sait comment il est fait et pourquoi on l'a fait. On peut donc optimiser intelligemment la réponse en fréquence de l'enceinte en sachant dans quelles zones on peut aller chercher un peu plus de puissance sans que cela ne devienne dangereux pour l'enceinte. Ensuite viennent des questions assez objectives d'optimisation de la réponse en fréquence. On va regarder la réponse en fréquence dans l'axe de l'enceinte mais surtout la réponse en énergie, c'est-à-dire la réponse de l'enceinte dans l'axe et hors de l'axe pour notamment essayer d'avoir quelque chose le plus cohérent possible entre ce qui se passe dans l'axe et ce qui se passe hors de l'axe. Il y a aussi des choix liés aux fréquences de coupures s'il s'agit d'enceintes multivoies, de manière à avoir un contrôle de directivité. Et enfin, la dernière phase du *preset* est l'égalisation plus liée à l'exploitation. Cette partie là résulte d'une méthode statistique : on va suivre le produit sur un « *poul* »

de beta-testeurs qui vont donner une première base puis ensuite on va mettre à jour le *preset* qui intègre des paramètres liés à l'exploitation. Je vais récupérer le travail fait sur l'enceinte par des techniciens dans différents lieux, avec des artistes différents, des projets différents et je vais essayer de regarder ce qui est commun à tout ça. Dès qu'on voit un réglage récurrent, il sera intégré dans le *preset*. Ce sont les quatre fonctions fondamentales du *preset*. J'organise tout ça, je fais la synthèse et je transmets aux utilisateurs.

**Au niveau du support en France, quel est ton rôle ?**

On n'est pas un organisme de formation, on n'a pas vocation à faire de la formation. On ne fait donc jamais de formation théorique ou fondamentale. On admet qu'il faut avoir des pré-requis : les gens savent déjà ce qu'est l'acoustique, l'électro-acoustique, l'acoustique de salle, les principes de *sound design*. L'aspect formation concerne uniquement les particularités de nos produits. Il faut apprendre à appréhender la gamme, savoir dans quel cas il faut choisir un produit plutôt qu'un autre. Ensuite, il y a une formation sur les outils. Chaque fabricant a des choses spécifiques sur ses produits et sur ses outils de simulation et de pilotage à distance. C'est comme un fabricant de console numérique : il va t'enseigner comment fonctionne sa console mais il ne va pas t'apprendre à mixer.

**Au niveau du système, tu leur transmets quelles informations ?**

La première chose, c'est la sécurité : avant de savoir si "ça sonne bien"

ou pas, il faut s'assurer que ce soit fait dans les règles de l'art. Cela regroupe tous les aspects d'ergonomie : le mode d'emploi, comment ça se monte, ce que l'on peut faire ou non seulement au niveau de la mise en oeuvre et du respect de la sécurité. Ensuite, on aborde tous les aspects spécifiques : comment se connecter aux machines, vérifier que les utilisateurs aient installé le logiciel sur leur ordinateur, que tout fonctionne. La partie plus qualitative arrive ensuite. Il y a d'abord la partie livraison du produit. En général, je passe deux jours chez le prestataire pour vérifier que tout le *kit* soit opérationnel et qu'il ait tous les outils, donner quelques recommandations (des décamètres pour vérifier les hauteurs, des télémètres pour prendre des côtes de salle, un routeur *WIFI*... etc.). Nous proposons aussi une formation continue. En général, on est présent avec les exploitants sur les trois premières prestations avec le produit. La première fois, on leur montre comment ça marche, la deuxième fois on travaille en tandem et la troisième, je ne suis là que pour répondre aux questions en cas de problèmes et apporter des recommandations d'optimisation pour l'utilisation des produits. Je ré-interviens par la suite pour présenter un nouveau produit susceptible d'intéresser le client, un complément de parc à faire par exemple. C'est cette fois-ci plus comme une démonstration que comme une formation. C'est alors l'occasion de faire un petit bilan sur les systèmes précédemment acquis. On ne se substitue pas au prestataire. Il y a des gens qui font du calage tous les jours, ce n'est pas du tout mon cas. En revanche, on connaît le produit,

on peut s'assurer de la conformité du produit alors que l'utilisateur nouveau se dira simplement que le produit ne marche pas bien. Mais très rapidement, ils deviennent plus expérimentés que nous. Autant je n'utilise pas les produits tous les jours, autant je les vois exploiter dans des configurations très différentes, avec des méthodes très différentes, en France mais aussi à l'international. À l'international, je n'interviens que pour des gros chantiers, cela me permet de voir des configurations de grosse envergure, avec des plus grosses équipes, plus de temps de montage, de temps de réglage et avec des gens habitués à faire des choses de tout venant. Ce sont des degrés différents d'ingénierie système. En France, il y a des purs ingénieurs système qu'on voit plutôt en tournée que chez les prestataires. Les professionnels comme on voit sur des petites installations ne sont pas vraiment ingénieurs système, ils font de l'accueil général : de l'installation, du réglage de système, mais leur rôle principal sera de faire de l'accueil sur la console plutôt que de faire du système. Ce sont des professionnels plus polyvalents. C'est une question de moyens entre autre. "Ingénieur système" correspond à une grille de salaire plus élevée que ceux qui font l'accueil puisqu'ils sont cadres de l'équipe. Par exemple, il dirige les *roads* qui sont embauchés pour le montage du système. C'est donc difficile sur des petits chantiers d'avoir deux salaires niveau cadre. Il y a souvent une personne qui fait tout. Dans ce genre d'équipe, il y a un technicien qui est formé, ensuite c'est de la main d'oeuvre. On voit moins chez les prestataires des profes-

sionnels qui ne font que du système. En tournée, lorsque le système est embarqué, le mixeur prend un assistant qui s'occupera uniquement du système, qui fera évoluer le calage pendant le spectacle en fonction du remplissage de la salle et qui sera vraiment concentré sur l'uniformité (vérifier les mesures en direct, retoucher des égalisations, des niveaux... etc). Si c'est souvent un assistant du mixeur, c'est qu'il faut une grosse confiance. Lorsqu'on accueille, c'est plus compliqué d'agir sur le système pendant le spectacle car cela peut se révéler déstabilisant pour le mixeur. Ça nécessite de bien connaître le spectacle et d'avoir une bonne communication et une bonne compréhension de ce que fait le mixeur, et de ce que fait l'ingénieur système. Il faut que les deux travaillent dans le même objectif et communiquent bien entre eux. Il faut un bon tandem bien rodé pour que cela puisse se faire. Il y a aussi le cas des gros chantiers : il est permis d'avoir une équipe et quelqu'un mandaté uniquement pour faire le calage système. Cela peut être des gros chantiers pour des installations fixes. Il y a alors très souvent un bureau d'études mandaté pour faire l'étude du système et la partie simulations, quelques fois trois ans avant que le chantier soit livré. Cela implique de faire des modèles complexes de salle, de tout simuler, d'être en lien avec l'architecte, avec les scénographes et l'acousticien. Il y a un gros travail en amont et en général c'est aussi la même personne qui vient à la livraison pour l'installation et l'optimisation dans le lieu. Cela peut être aussi des gros chantiers de prestation : des gros festivals, des grosses

tournées, des gros spectacles dans des stades. Il y a aussi alors une ou plusieurs personnes dédiées au système uniquement. Il y a un cadre légal derrière tout ça. Sur les installations et les chantiers d'envergure, il y a un engagement financier et légal de la part de l'ingénieur système. C'est plus sur des installations fixes que l'on trouve des professionnels de haut niveau. Les ingénieurs système qui font des grosses tournées n'ont pas non plus le même niveau que les techniciens *free lance* qui vont cumuler plusieurs casquettes (conduire le camion, décharger, mixer la première partie, faire l'accueil pour la tête d'affiche). On les trouve sur des prestations d'ordre régional ou national. Plus on monte en envergure, plus on trouve des gens spécialisés. Les ingénieurs système polyvalents ont souvent débuté dans la profession en poussant des caisses, ils ont rarement des connaissances en électronique, en électro acoustique. Ils ont rarement beaucoup de recul sur les technologies et souvent sont sur des critères qualitatifs. Ils auront du mal à objectiver ce qu'ils entendent et à mettre le doigt sur le paramètre qui peut influencer la suite. Un ingénieur système va plutôt essayer de comprendre ce que le mixeur veut dire et trouver le paramètre sur lequel il va pouvoir agir pour faire correspondre le résultat à son sentiment. Il y a des critères psycho-acoustique parfois difficiles à comprendre et à analyser. Dès qu'on parle de la sensation, il y a une question de vocabulaire. Ne pas avoir un vocabulaire unifié ne facilite pas la communication.

**Que faut-il absolument maîtriser pour être un ingénieur sys-**

**tème ?**

Je dirais déjà l'acoustique. C'est la base car on n'est jamais dans un cadre neutre. Il faut comprendre les phénomènes. Il y a un truc très particulier dans le son, c'est que l'amplitude des phénomènes physiques est énorme. De 20Hz à 20kHz, les longueurs d'onde passent de quelques millimètres à quelques dizaines de mètres. Les phénomènes, que ce soit la diffraction, les réflexions, les ondes stationnaires vont être à des échelles complètement différentes. Les interactions avec la salle, les obstacles vont donc être dans des échelles différentes. Cette connaissance ne vient pas que de la théorie mais aussi par l'expérience. Il faut un mélange des deux pour réussir à appréhender les phénomènes dans leur réalité. C'est important de comprendre ce qu'il se passe, les lois de propagation, réussir à s'imaginer comment se propage le son. Il faut aussi avoir une expérience car on n'aura pas du tout les mêmes problématiques dans un petit lieu, un lieu de taille moyenne et un très grand lieu. Il n'y a pas de translation évidente et facile des phénomènes d'une situation à l'autre. Par exemple, en passant d'un petit espace à un grand espace, on passe du phénomène de réverbération à celui de l'écho. Il y a aussi la question de la mesure acoustique. Pour réussir à objectiver les choses, c'est-à-dire faire correspondre ce que quelqu'un entend et ce qu'il veut entendre, le premier outil que l'on a pour analyser et dire que ce qu'il entend, ça vient de ce phénomène là, c'est la mesure acoustique. À partir du moment où c'est objectivement mesurable, il va être beaucoup plus facile d'agir sur

le paramètre (courbe de délai, remise en phase, égalisation, homogénéité... etc). Mais pour cela, il faut maîtriser la mesure acoustique et donc l'acoustique. Vient aussi une partie électro-acoustique. Il faut bien comprendre toute la partie amplification de puissance. Le rôle de l'ingénieur système, avant de se dire si "ça sonne bien" est de s'assurer que tout marche, que le système fonctionne, que le *design* soit bien réaliser, que ce soit bien câblé, qu'il n'y ait pas d'inversion. L'ingénieur système est amené à faire des synoptiques. Il y a aussi beaucoup d'informatique maintenant, il faut notamment des connaissances en réseaux informatiques. C'est toujours important de connaître les fréquences de coupures des systèmes. Cela permet de comprendre ce qui se passe. Par exemple, si à la mesure on observe un trou à une fréquence, cela peut venir d'un problème de réflexion mais aussi, si elle correspond à la fréquence de coupure entre les deux voies d'une enceinte, à une opposition de phase entre les deux haut-parleurs. Il faut aussi savoir bien dimensionner son système : l'impédance, le nombre d'amplificateurs et d'enceintes... etc.

# Bibliographie

- @ réf **AFMG**, *Systune Manual 1.2*, 2012
- @ réf **Flux**, *Pure Anylser Manual*
- @ réf **EAW**, *S.M.A.A.R.T. Manual v1.6*
- @ réf **Bob McCarthy**, *Sound systems : design and optimization*, Canada, Focal Press, 2007
- @ réf **Urban M., Heil C., Bauman P.**, "Sound Field Radiated By Multiple Source Array.", *AES PrePrint 92 th Convention*, Mars 2012
- @ réf **Claude Dubar, Pierre Tripier**, *Sociologie des professions*, Paris, Armand Collin, 1998
- @ réf **SYNPTAC**, *Convention collective des entreprises artistiques et culturelles*, avril 2011

# Table des figures

1.1	Balance tonale . . . . .	12
1.2	Angulation fausse . . . . .	13
1.3	Interface du logiciel Arraycalc pour les systèmes d&b . .	13
1.4	Interface du logiciel EASE Focus pour les systèmes APG	13
1.5	Modélisation 3D d'une salle sur EASE . . . . .	15
1.6	Diagramme de directivité d'une enceinte . . . . .	16
1.7	Modélisation en lancer de rayons . . . . .	17
1.8	Interface S.M.A.A.R.T. . . . .	20
1.9	Interface SysTune . . . . .	20
1.10	Interface Pure Analyser System . . . . .	21
1.11	Bruit rose . . . . .	22
1.12	Bruit blanc . . . . .	23
1.13	Signal <i>sweep</i> . . . . .	23
1.14	Principe de la Dual FFT . . . . .	24
1.15	Courbes de pondération . . . . .	25
1.16	Courbes isophoniques . . . . .	26

1.17	Fonction de transfert . . . . .	27
1.18	Réponse impulsionnelle . . . . .	29
1.19	ETC . . . . .	29
1.20	Comparaison de mesures . . . . .	31
1.21	Représentation du spectrographe . . . . .	32
1.22	Représentation du <i>wavescope</i> . . . . .	32
1.23	Filtrage en peigne . . . . .	37
1.24	Représentation de la fenêtre <i>Tukey</i> de la FFT . . . . .	40
1.25	Exemple de <i>mapping</i> lors de prévisions pour le théâtre Rutebeuf . . . . .	45
1.26	Installation du système UNILINE sur le plateau de l'émission The Voice . . . . .	47
1.27	Microphone de mesures sur le plateau de l'émission The Voice . . . . .	48
1.28	Logiciel S.M.A.A.R.T. sur le plateau de l'émission The Voice . . . . .	50
1	Connecteur <i>Harting</i> . . . . .	77
2	Hierarchie des groupes dans le R1 . . . . .	79
3	Page de contrôle du groupe "System" . . . . .	80
4	Plan d'installation dans le théâtre Rutebeuf . . . . .	82
5	Plan de câblage Rutebeuf . . . . .	82
6	Égalisation des enceintes Q1 . . . . .	86
7	Remise en phase des renforts de grave avec le système . . . . .	86

8	Les trois points de mesures avant égalisation du système	87
9	Égalisation des enceintes Q7 : HFA, égalisation de Boris et <i>flat</i> . . . . .	87
10	Égalisation du système entier . . . . .	88
11	Photo du plateau . . . . .	93
12	Zones d'audience . . . . .	94
13	Le système Uniline représenté dans le logiciel de simula- tion EASE Focus . . . . .	96
14	Configuration des <i>rack</i> puis de chaque DMS 48 . . . . .	98
15	Plan de câblage du système installé sur le plateau de l'émission The Voice . . . . .	100
16	Montage du système principal installé sur le plateau de l'émission The Voice . . . . .	104
17	Système principal suspendu à une dizaine de mètres . . . . .	105
18	Égalisation du système principal dans le processeur . . . . .	106
19	Égalisation du système principal . . . . .	106
20	Phase non coïncidente entre le système et les UL 115B dans la zone de raccord . . . . .	107
21	Phase coïncidente entre le système et les UL 115B dans la zone de raccord . . . . .	107
22	Nomenclature des niveaux de formation . . . . .	117