

Musique et instruments

Vincent Doutaut

ITEMM

71 avenue Olivier Messiaen

72000 Le Mans

E-mail : vincent.doutaut@itemm.fr

Par essence, l'acoustique et la musique sont en relation étroite. De fait, les premières études «rationnelles» relevant de l'acoustique en tant que discipline ont eu pour sujet principal le *son musical* et les moyens de sa production, à savoir les *instruments de musique*. Les fondements mêmes de l'acoustique moderne sont ainsi d'ordre musical, dont il est communément admis - à la limite du poncif - d'en situer les origines aux premiers travaux sur la vibration des cordes attribués à Pythagore.

Depuis, associé au déploiement de la démarche scientifique, les instruments de musique ont régulièrement constitué une source importante de motivations pour des physiciens parmi les plus illustres comme le Père Marin Mersenne, Félix Savart, Hermann Ludwig von Helmholtz, John William Strutt – Lord Rayleigh, Chandrasekhara Venkata Raman ou encore plus récemment, Henri Bouasse.

En parallèle, l'essor progressif de la pratique musicale, dans tous les milieux socio-culturels, a nécessité la fabrication d'un nombre croissant d'instruments de musique, générant ainsi une activité économique spécifique du secteur musical : la *facture instrumentale*.

Facture instrumentale

L'appellation générique de «facture instrumentale» est issue de la structuration progressive des communautés professionnelles de «*faiseurs d'instruments*», ainsi constituées à partir du Moyen-Âge.

À cette époque, la profession de facteur d'instruments était, dans bien des cas, exercée en même temps que celle de ménétrier-musicien qui bénéficiait d'une organisation fortement hiérarchisée depuis le XIV^e siècle, réunie en corporation des «joueurs d'instruments».

Il faut attendre assez tardivement (jusqu'en 1599) pour qu'une corporation dédiée à la facture instrumentale n'apparaisse en tant que telle. L'activité de fabricant d'instruments de musique était jusqu'alors exercée par

divers corps de métiers en fonction des techniques employées : orfèvres, chaudronniers et fondeurs pour le métal (corps de chasse, trompes, timbales, cloches...) ou bien encore tabletiers, tourneurs et boisseliers pour le bois (luths, flûtes, tambours...).

La conception et la fabrication d'instruments de musique se fondent ainsi sur une tradition empirique séculaire de collaboration intime entre musiciens et facteurs.

De nos jours, outre les industries culturelles et désormais de loisirs - technique, ingénierie et diffusion des signaux musicaux -, qui nécessitent par nature une analyse approfondie du «son musical» et la maîtrise des technologies de pointe qui lui sont associées, la facture instrumentale constitue *en propre* un des secteurs économiques de renom s'alimentant *directement* des recherches en acoustique.

Contexte économique

L'avènement des technologies électroniques et numériques bouleverse de façon considérable l'industrie musicale et par conséquent la facture instrumentale, allant jusqu'à délibérément utiliser les accessoires électroniques voire même l'ordinateur comme instruments de musique à part entière. Cette évolution a historiquement pour origine la question récurrente de l'amplification des instruments, provenant depuis un siècle de pratiques culturelles nouvelles liées d'une part, à l'essor phénoménal des musiques afroaméricaines puis électroacoustiques et, d'autre part, au changement des lieux de prestation et d'écoute, tout genre musical confondu.

Avec cette révolution technologique et culturelle, le paysage de la facture instrumentale s'est modifié en conséquence. Ainsi, depuis la seconde moitié du XX^e siècle, la production en grande série d'instruments de musique s'est successivement déplacée de l'Europe vers les États-Unis, puis le Japon, l'Asie du Sud-Est et actuellement en Chine. Cette répartition correspond également à un mode

industriel de développement des instruments, entre autres électroacoustiques et électroniques, initié aux États-Unis par les exemples mythiques de Gibson et Fender pour la guitare électrique. Cela concerne désormais toutes les familles instrumentales et leurs accessoires d'effets, d'amplification et de sonorisation associés, où dominent deux grandes marques sur le marché de la facture électronique : Yamaha et Roland.

Ces mutations sont indubitablement issues des recherches en acoustique et de leurs retombées technologiques : prise de son, moyens de restitution, techniques d'analyse et de représentation, traitement du signal musical et perception, modélisation physique des instruments, etc. Les techniques de synthèse sonore sont exemplaires de ce point de vue. Elles ont autorisé au début des années 1980 le succès commercial sans précédent ni équivalent du synthétiseur FM Yamaha DX7 et sont à la base du fonctionnement des équipements actuels chez Roland avec la technologie COSM (Composite Object Sound Modeling) : pianos numériques, batteries électroniques, boîtiers d'effets, amplificateurs «vintage», etc. Depuis plus d'une décennie, ces techniques de synthèse sonore - qualifiées de «FM», «soustractive», «additive», «analogique», «granulaire» ou encore de «modèles physiques» - sont largement intégrées aux séquenceurs logiciels et expandeurs matériels de MAO — Musique Assistée par Ordinateur — disponibles sur le marché grand public.

Associés à l'expansion fulgurante des musiques amplifiées, la démocratisation de la pratique musicale et le métissage culturel à l'échelle mondiale ont également provoqué cette modification des lieux de fabrication des instruments acoustiques traditionnels sur les marchés du «bas» et du «milieu de gamme» : instruments d'initiation et d'étude. Seule la facture à forte valeur ajoutée est conservée en Europe avec quelques «spécialités» comme l'industrie du piano en Allemagne ou celle des instruments à vent en France.

Bien que les contours précis de la filière instrumentale française soient assez difficiles à établir, le panorama actuel de son activité économique conduit à évaluer¹ le nombre d'entreprises entre 2 800 et 3 000 (fabrication, restauration, réparation, maintenance, accord, entretien et commercialisation des instruments de musique), offrant un vivier de 10 000 à 12 000 emplois. Très peu de données fiables sont disponibles au sujet du chiffre d'affaires (enquêtes en cours au sein de la Chambre syndicale de la facture instrumentale). Toutefois, il est estimé autour de 800 millions d'euros. Ces chiffres s'avèrent riches d'enseignement à bien des égards. En effet, pour cerner la filière instrumentale dans sa globalité, il faut tenir compte de l'ensemble des acteurs qui touchent au domaine technique : industriels, artisans, distributeurs, magasins de musique généralistes ou spécialisés.

Malgré une concurrence internationale drastique — notamment d'origine asiatique —, la facture instrumentale française occupe aujourd'hui le quatrième rang mondial de la production d'instruments de musique. Uniquement positionnée sur le «haut de gamme», cette production émane désormais de manière quasi exclusive de TPE artisanales — Très Petites Entreprises de moins de vingt salariés —, représentées au deux tiers par des entreprises

unipersonnelles. Le statut le plus répandu est ainsi celui d'artisan ou d'artisan-commerçant. En réalisant un résultat à l'export de 60% en moyenne de sa production d'instruments de musique, la facture instrumentale représente un des secteurs identifiés les plus importants des «métiers d'art».

En termes de fabrication, bien que conservant une renommée internationale d'excellence, le paysage national de la facture instrumentale a considérablement évolué au cours des dernières décennies. À titre d'illustration, on dénombrait plusieurs dizaines de manufactures de pianos en 1920 - regroupant pour certaines plusieurs centaines d'ouvriers -, aujourd'hui, moins d'un siècle plus tard, il ne reste plus qu'un seul atelier d'une vingtaine de salariés... Seule la famille des instruments à vent conserve un mode industriel de production représenté par les établissements H. Selmer-Paris et Buffet-Crampon, avec un effectif respectif d'à peu près 600 et 250 personnes. La production d'instruments de petites et moyennes séries est, quant à elle, assurée par une vingtaine de manufactures réunissant quelques dizaines d'employés (20 à 50 salariés) : harpes Camac, orgues Kern et Muhleisen, cuivres Courtois, hautbois Lorée et Rigoutat, percussions Bergerault, accordéons Maugein, pianos Pleyel...

La réalité du secteur ne réside plus seulement dans la fabrication artisanale ou semi-industrielle, mais bien dans l'existence de structures d'activité «mixte», technique et commerciale, proposant des services de réparation et d'entretien des instruments conjointement à du conseil clientèle et de la vente directe, voire parfois en ligne. Les parcs instrumentaux en location - nécessitant par conséquent un entretien technique régulier - y sont notamment de plus en plus importants (marchés des instruments d'étude, en particulier des jeunes en formation musicale).

Le profil type d'un atelier artisanal, dans des proportions variables, suivant l'implantation géographique et la spécialité instrumentale, s'oriente ainsi sur une offre de services allant de la fabrication et la réparation d'instruments «haut de gamme» (concertistes solistes, musiciens professionnels et amateurs de niveau élevé) à la commercialisation et l'entretien, voire de plus en plus à la finition et au réglage d'instruments «blancs» importés, sur le créneau de l'instrument d'étude. Le nombre d'entreprises disposant d'un atelier de maintenance et de réparation, parfois de très haut niveau de technicité et de savoir-faire, est estimé entre 1 600 et 1 800. Les entreprises ayant une activité reconnue de fabrication en tant que telle sont estimées à près de 700.

Avec une moyenne régionale d'à peu près une centaine de structures, la distribution géographique des entreprises est relativement éclatée sur l'ensemble du territoire national. Assez logiquement, il est néanmoins à noter une plus forte densité des entreprises sur les grands bassins de population : Ile-de-France, Rhône-Alpes, PACA, Midi-Pyrénées et Pays-de-la-Loire.

1- Les chiffres présentés ici sont tirés des résultats actualisés d'une enquête réalisée par l'Itemm, Institut technologique européen des métiers de la musique (cf. « Vers une définition des contours de la filière instrumentale en France », Monsimier J., revue musique & technique, Éditions Itemm, Le Mans, 2004 - ISSN : 1771-3641).

2- CITES, Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (<http://www.cites.org>).

Pour ce qui concerne la répartition par familles instrumentales, un équilibre tout relatif est constaté : 1 810 entreprises en instruments à cordes (730 cordes frappées, 660 cordes pincées, 420 cordes frottées), 650 en instruments à vent (dont une centaine pour l'accordéon et près de 150 pour l'orgue) et quelque 700 pour les autres familles (percussions, instruments électroniques, etc.).

Plusieurs familles instrumentales étant traitées au sein d'une même entreprise, ces données sont à considérer comme indicateurs de la diversité de l'offre et non à prendre en valeur absolue. À ce titre, près d'un quart (23%) des TPE artisanales proposent des services sur plus d'une famille instrumentale alors que les deux tiers (64%) d'entre elles sont spécialisées sur une seule.

Enjeux technologiques et environnementaux

Au-delà des orientations économiques et d'un point de vue technique, la caractéristique essentielle de la facture instrumentale est marquée par la pluridisciplinarité - non exhaustive - des compétences, bien souvent portées par la même personne physique au sein de l'entreprise :

- utilisation de multiples matériaux (bois, métaux, peaux, textiles, composites) ;
- maîtrise des savoir-faire associés (conception, assemblages, finitions) ;
- connaissances technoscientifiques variées (mécanique, acoustique, électronique, productique) ;
- acquis culturels divers (musique, organologie, pratiques instrumentales) ;
- et, bien entendu, gestion d'entreprise (approvisionnements, stocks, commerce, communication).

Sans compter l'apparition des instruments électroniques et de l'informatique musicale, il va sans dire que le contexte économique international impose désormais à la facture instrumentale traditionnelle une intégration toujours plus forte de l'innovation technologique, dont les entreprises artisanales sont loin d'être exemptes. Bien au contraire, conserver leur avance en termes d'exigence de qualité, autant des produits que des services qu'elles proposent - autrement dit, à la fois du «haut de gamme» et du «sur mesure» -, implique le développement intense de solutions techniques appropriées aux TPE artisanales et leur mise en œuvre rapide au sein des entreprises ; à l'instar des évolutions constatées depuis vingt ans dans les unités de production de masse, tous secteurs confondus. Les bénéfices en sont également identiques :

- réduction des coûts et des délais de conception et de réalisation (prototypage virtuel, sélection des matériaux, reproductibilité, suivi et contrôle de production...);

3- Fort heureusement, la relative pénurie de bois de lutherie ne se situe pas au même niveau pour toutes les essences. Cependant, elle est accentuée par le fait que certains pays comme la Chine achètent à eux seuls la majeure partie de la production mondiale (comme par exemple l'ébène). Au-delà d'un manque de disponibilité, cela accroît considérablement les prix de revient, se cumulant aux différences de coût de main d'œuvre...

4- Des initiatives récentes visant à protéger des espaces de production de certaines espèces et les réserver pour des utilisations exclusives en facture instrumentale ont vu le jour (cf. IPCI, International Pernambuco Conservation Initiative - <http://www.ipci-comurnat.org>). Bien qu'indispensables, ces solutions ne portent réellement leurs fruits qu'à long terme et ne peuvent résoudre le déficit imminent d'approvisionnement en matières premières de qualité.

- capitalisation des connaissances et des pratiques (traçabilité des produits, optimisation et évolution des modèles...);
- et, surtout, fondamental des petites entreprises, adaptation aux besoins de la clientèle (réponse aux demandes spécifiques, réactivité, qualité de service...).

Par ailleurs, comme dans nombre d'autres domaines d'activité, la facture instrumentale est également confrontée aux évolutions des normes et des nouvelles réglementations concernant la santé et la sécurité au travail ou bien encore, relatives à des thématiques d'approvisionnement et de développement durable. À titre d'illustration, une des problématiques majeures est actuellement liée aux matériaux naturels utilisés habituellement dans la fabrication des instruments de musique. Dépassant le seul cadre de la restauration d'instruments de collection (par exemple l'ivoire des touches de pianos anciens), les accords internationaux de protection de la faune et de la flore sur certaines espèces menacées (convention de Washington connue sous l'acronyme CITES) affectent désormais la production d'instruments nouveaux (bois de pernambouc des archets modernes ou palissandres des guitares et des percussions). Pour maintenir une production compétitive d'instruments de musique de haute qualité, cela suppose à moyens termes, non seulement la recherche de matériaux alternatifs performants³ (essences de bois et/ou composites), mais encore la détermination des dimensionnements idoines à leur usage en facture instrumentale⁴.

Hormis ces problématiques particulières d'approvisionnement en matières premières éprouvées, il est à remarquer qu'une constante historique de l'évolution des instruments de musique est justement associée à l'adoption de matériaux nouveaux à des fins soit, d'améliorations mécaniques ou acoustiques de leur comportement (par exemple, passage d'un cadre en bois à un cadre en fonte pour le piano au début du XIXe siècle) soit, de création pure de prototypes originaux (cas des steel-pans de Trinidad au XXe siècle, «tambours» métalliques accordés par martèlement et recuites de fûts d'essence abandonnés sur les plages par les troupes américaines après la seconde guerre mondiale). Ce simple constat n'est qu'une illustration des sources possibles d'innovation contribuant au développement de la facture instrumentale.

Ainsi, allier le maintien des savoir-faire traditionnels à l'utilisation de méthodes et de moyens innovants est actuellement au cœur des défis à relever rapidement par la facture instrumentale, non seulement à l'échelle nationale, mais plus largement au niveau européen.

Recherche scientifique et diffusion technologique

Quelles que soient leur nature, leur justification culturelle, leur positionnement sur le marché, leur mode de fabrication ou leurs matériaux constitutifs, les instruments de musique ont pour vocation finale la production de sons musicaux ; par conséquent, leur étude relève des champs de recherches de l'acoustique.

Depuis le milieu du XIXe siècle, les avancées remarquables des connaissances scientifiques puis les progrès technologiques considérables qui s'en sont suivis, ont

permis une bien meilleure compréhension des phénomènes relatifs d'une part, à la perception des sons musicaux et, d'autre part, au fonctionnement physique des instruments de musique et à leur comportement acoustique en situation de jeu - ingénierie du son et diffusion en salle de concert.

Bien que quantitativement modestes vis-à-vis d'autres domaines d'application, les études scientifiques strictement dédiées aux instruments de musique se sont intensifiées depuis le milieu du XXe siècle pour conduire à la structuration progressive d'une spécialité à part entière, l'acoustique musicale. Il est à noter au passage que depuis plus de quarante ans la communauté française des «acousticiens de la musique» est une des plus dynamiques au niveau international.

Au partenariat naturel et «ancestral» du musicien et de son facteur d'instruments, l'histoire nous fait écho de nombre de collaborations étroites entre facteurs et scientifiques, comme en France, celle de Jean-Baptiste Vuillaume (1798-1875) avec Félix Savart (1791-1841). Ce mode de fonctionnement «bipolaire» est encore de nos jours très largement répandu, mais ne s'avère plus suffisant pour vraiment être efficace au regard des évolutions technologiques autant que du contexte économique des entreprises.

Il faut ici distinguer deux typologies d'entreprises bien distinctes surtout concernant la lutherie électronique : les grandes structures industrielles souvent multinationales et les PME-TPE. Les premières possèdent leurs propres équipes de R&D et sont à même de valoriser les résultats de la recherche publique - notamment en acoustique et en informatique musicales -, voire de collaborer directement avec certains laboratoires spécialisés. Les secondes n'en ont tout simplement pas l'assise financière suffisante et éprouvent des difficultés à anticiper sur les évolutions du marché.

Ainsi, permettre l'accès des TPE artisanales aux «révolutions» technologiques en cours nécessite une approche collective et une mutualisation des moyens. À cette fin et dès 1990, les pouvoirs publics en charge de l'Artisanat (DCASPL⁵) ont favorisé la mise en place de structures de transfert de technologies dédiées à cette typologie d'entreprises. Par le label de «pôle national d'innovation de l'artisanat» et en leur attribuant une mission générale d'interface entre le monde de la TPE et celui de la recherche et des technologies, les objectifs annoncés sont une meilleure identification des ressources disponibles et la mise en œuvre de solutions adaptées à la taille et aux capacités économiques des petites entreprises⁶. Pour la facture instrumentale, l'Itemm, Institut technologique européen des métiers de la musique, basé au Mans, est dans ce cadre labellisé «pôle national d'innovation des métiers de la musique⁷» depuis octobre 2001.

Au-delà des besoins évidents d'information et de formation des professionnels de la facture instrumentale, les principaux axes de développement des actions s'orientent sur :

- l'organisation de la veille technologique et réglementaire (collecte, intégration, vulgarisation) ;
- la conduite d'études et de travaux d'intérêt collectif (recherche appliquée « mutualisée », développement d'outils dédiés) ;

- l'accompagnement individuel des entreprises (assistance-conseil, prestation personnalisée, orientation).

Au niveau scientifique, les corrélations avec la facture instrumentale - traditionnelle et numérique - permettant d'envisager des retombées immédiates et à plus longs termes, s'organisent essentiellement autour des grandes thématiques⁸ de :

- l'instrumentation expérimentale (sous forme de bancs d'essai) et les méthodes d'analyse associées en vue de la caractérisation objective des instruments - isolés mais surtout en interaction avec le musicien - et de leur dimensionnement en fonction de leurs matériaux constitutifs et de leur design ;

- la modélisation physique toujours plus fine des instruments de musique et le développement de moyens dédiés de calcul et de simulation numérique dans la perspective de proposer des outils logiciels de prototypage virtuel précis et simples d'utilisation ;

- l'analyse sensorielle et la catégorisation des instruments pour déterminer les paramètres pertinents qui contribuent à la définition du cahier des charges technique d'un instrument de musique de «qualité» ;

- la psychologie de la perception et la psychomécanique (liens entre perception auditive et paramètres physiques) afin de définir les attributs subjectifs de «l'esthétique sonore» d'un instrument de musique en corrélation avec les éléments qui le constituent.

Des retombées se sont déjà concrétisées en applications significatives en termes de caractérisation et de dimensionnement des instruments, d'outils de prédiction et de prototypage. Dans leurs grands principes de fonctionnement, les instruments de musique pris isolément sont assez bien compris ; d'où par exemple, les résultats satisfaisants obtenus en synthèse sonore par modèle physique. Néanmoins, cela ne suffit pas car un instrument ne fonctionne pas sans musicien (sic !). Un des champs prometteurs de recherches actuellement menées concerne les interfaces de contrôle des instruments - mécanique des claviers, embouchure des instruments à vent, etc. -, où par des études en haptique et des dispositifs expérimentaux comme les bouches artificielles, il s'agit de modéliser l'excitation et l'interaction avec l'instrumentiste. De telles perspectives permettront certainement à l'avenir de proposer de nouvelles solutions pour les instruments à clavier ou d'améliorer les premières tentatives d'EWI - Electronic Wind Instruments - déjà disponibles.

5- Direction du Commerce, de l'Artisanat, des Services et des Professions Libérales du Ministère de l'Économie et des Finances (<http://www.pme.gouv.fr>).

6- Le réseau national des « pôles d'innovation de l'artisanat » est animé par l'ISM, Institut Supérieur des Métiers (<http://ism.infometiers.org>). Il existe actuellement une vingtaine de pôles d'innovation de l'artisanat en France, essentiellement structurés par secteurs tels que les métiers de bouche ou les métiers d'art (<http://innovation.infometiers.org>).

7- Pour une présentation plus détaillée, voir « Facture instrumentale et innovation : enjeux, dispositifs, perspectives », Doutaut V., revue musique & technique, Éditions Itemm, Le Mans, 2004 - ISSN : 1771-3641) <http://www.itemm.fr>.

8- Pour disposer d'un panorama précis des avancées récentes en acoustique musicale et des thèmes scientifiques concernés, voir « Dix ans d'acoustique musicale », Boutillon X., Gilbert J. et Vergez Ch., revue Acoustique & techniques, Éditions CIDB, Paris, 2005 - ISSN : 1263-8072).



Fig. 1 : Analyse modale d'une harpe par technique de vibrométrie LASER

En guise de coda, il ne semble pas inutile de rappeler que l'acoustique musicale, à l'instar du facteur d'instrument vis-à-vis du musicien et par rapport aux applications industrielles de la vie courante, se doit d'avoir une exigence de résultat des études menées et des modélisations qui en découlent : en bon état de fonctionnement, l'appareil auditif humain est le meilleur analyseur sonore jamais élaboré, d'autant plus en contexte musical ! Les retombées issues des développements de l'acoustique musicale ont des ramifications insoupçonnées et des applications aussi diverses qu'en design sonore dans l'élaboration des produits et des espaces, en domotique ou encore en industries des loisirs et des transports. ■

PAK



Acquisition Analyse et Gestion
de données dynamiques,
Analyse en Rotation,
Dynamique des Structures,
Design sonore,
Imagerie acoustique,
Synthèse des voies de
transfert en opération, Pass-By



PUISSANCE ET FLEXIBILITE

Développée en étroite collaboration avec nos clients, la plateforme PAK de mesure et d'analyse de données dynamiques est désormais reconnue comme la plus performante et la plus polyvalente du marché. L'association optimale avec le frontal d'acquisition MKII vous permet de conditionner et acquérir tout type de capteur, en laboratoire ou en embarqué, et ce quel que soit le nombre de voies. Pour chaque métier (Acoustique, Vibrations, endurance/fatigue, etc.), Müller BBM dispose d'une solution adaptée et évolutive, pour vous garantir la rentabilité de votre investissement.

Pour plus d'information: www.MuellerBBM-vas.com
Ou: info.fr@muellerbbm-vas.fr

MÜLLER-BBM
VibroAkustik Systeme