

# ÉTUDE SUR LA PERCEPTION ACOUSTIQUE DES MOTEURS À EXPLOSION

Mémoire de DEA de musicologie  
Université de Rabelais-Tours  
Sous la direction de Geneviève Mathon  
Juillet 2002

## REMERCIEMENTS

Nous voulons ici remercier toutes les personnes travaillant ou ayant travaillé chez Renault que nous avons rencontré, pour leur disponibilité, leur gentillesse et leurs compétences, tant dans le domaine technique que de celui de perception auditive. Nous voulons aussi remercier tous les enseignants de la faculté de Rabelais-Tours pour la formation qu'ils ont dispensée. Et parmi eux, un merci spécial à Geneviève Mathon pour sa grande ouverture d'esprit et son accompagnement dans cette étude.

## AVANT-PROPOS

L'objet général de nos recherches est le bruit des machines. Les compositeurs du XX<sup>e</sup> siècle n'ont pas échappé à la fascination des machines et, si la grande majorité d'entre eux n'utilise pas – directement ou indirectement – le bruit des machines, plusieurs d'entre eux ont cependant tenté, de différentes manières, de faire participer les bruits à leur œuvre. Nous avons observé quelques-unes de ces tentatives dans notre précédente étude.<sup>1</sup> Il y eut le grand rêve de Russolo qu'il décrit dans son *Art des Bruits*. Il y eut aussi ceux qui s'inspirèrent des machines comme Honegger dans *Pacific 2.3.1*. Il y eut ceux qui osèrent d'audacieux collages dans des musiques que l'on peut qualifier de « mixtes » : nous pensons là à *Déserts* de Varèse. Il y eut bien sûr Schaeffer et la musique concrète, avec une obsession pour ce dernier : faire perdre à l'objet sonore issu du bruit toute référence explicite avec son origine, lui enlever son identité première. Pierre Henry, son collaborateur, osera

---

<sup>1</sup> « Vers un Patrimoine Sonore Industriel », mémoire de Maîtrise sous la direction de Guy Gosselin, juin 2001, Université de Rabelais-Tours.

affirmer ce caractère référentiel dans une œuvre comme *Concerto pour une porte et un soupir*, et, à sa suite, des compositeurs comme Mâche et Ferrari feront de même. Dans les musiques électroacoustiques où les sons de synthèse ont la première place, les bruits seront aussi souvent bien accueillis. Il y eut enfin la grande interrogation de Cage : pourquoi préférer les sons dits « musicaux » aux bruits et au silence ? Il remet ainsi en cause la place même du compositeur.

Cette tendance naturelle des musiciens à récupérer toute matière sonore et à élargir ainsi leurs domaines d'application n'a-t-elle cependant pas favorisé un oubli : prendre du temps pour observer ce bruit, pour l'écouter en lui-même, avant un éventuel passage dans le monde musical ? C'est sur l'observation de ces bruits bruts que porte notre attention.

Nous éviterons les bruits de la nature, ceux de l'artisanat qui sont déjà observés par les ethnomusicologues, pour nous attacher à ceux de l'industrie, de la production en série des objets, ceux de notre modernité industrielle. Ils ont contre eux d'être considérés comme des nuisances, voire des déchets. Ils ont pour eux d'être, jusqu'à une époque récente et avant l'intervention des *designers sonores*, involontaires, produits de l'activité des machines, en quelque sorte inévitables et non désirés. N'auraient-ils pas quelque chose de particulier à nous révéler sur notre monde occidental industriel, et donc sur nous-mêmes ? Ou bien faut-il nous résigner simplement à souffrir de la pollution sonore et rêver d'un monde « écologique » où nous bâtirions des paysages sonores essentiellement silencieux - les *landscapes* de Murray-Schafer -, dans une *édenité* enfin retrouvée ?

Les questions induites par le bruit renvoient à certaines interrogations sur la musique : celle-ci doit-elle seulement nous permettre de nous évader d'un réel devenu insupportable ? Parmi les modes de sa consommation de masse aujourd'hui<sup>2</sup>, on trouve soit la bulle sonore que l'on se crée pour ne pas entendre les autres (baladeurs, musiques en bruits de fond – d'ameublement, dirait Satie –, *Musak* comme l'appelle Stockhausen), soit la consommation des concerts rocks ou des fêtes « techno », où l'individu conscient est nié et immergé collectivement dans le « grand tout ». Devant ces musiques où l'on se réfugie et devant celles où l'on se noie, n'y a-t-il pas urgence et, comme le disait Schaeffer, d'entendre, d'ouïr,

---

<sup>2</sup> Nous occultons sciemment ici la musique contemporaine qui, malgré toutes ses qualités, ne touche pas – sauf exception – ce qu'on appelle « le grand public ».

d'écouter et de comprendre le monde sonore qui nous entoure ? Ou bien accepte-t-on finalement que la musique, dans sa consommation la plus courante, ne soit plus écoutée et ne serve que de médication administrée par les musicothérapeutes à nos oreilles et à nos esprits fatigués ?

Bien sûr, ce retour au bruit pourrait apparaître un peu brutal si nous devons l'observer sans « médiation ». Ce filtre nécessaire est l'enregistrement. Filtre n'est d'ailleurs pas le bon mot : ce serait plutôt celui de révélateur. Schaeffer a été l'un des premiers à remarquer qu'enregistrer était un acte grave et porteur de nombreuses implications. L'enregistrement, en effet, provoque un bouleversement de notre perception, non par les déformations qualitatives qu'il opère (de moins en moins, d'ailleurs), mais par la liberté retrouvée d'interrompre ou d'écouter. L'enregistrement nous permet d'écouter le bruit en toute liberté, d'observer enfin sa richesse et peut-être sa beauté ; d'ailleurs, ce même enregistrement ne nous empêcherait-il pas, d'une certaine façon, d'écouter la musique avec toute notre intelligence ?

Pourquoi, alors, ne nous attacher qu'au bruit industriel ? Parce qu'il présente, du fait de la mécanisation, des séries identiques, comme le sont les objets produits en série. Nous sommes en présence de bruits identiques, plus : de bruits identitaires. Le XX<sup>e</sup> siècle est parcouru par le bruit des machines, et dans cette rumeur, apparaissent, émergent des bruits qui se répètent et marquent nos mémoires, collectivement. Du fait de la répétition sonore identique des machines, nous nous trouvons devant quasiment un *patrimoine sonore industriel* que nous devons préserver par l'enregistrement. Cette mémoire, ce patrimoine peut être international, national, régional, ou même concerner des communautés plus restreintes comme celles du travail, dans une entreprise, par exemple.

Avec la multitude de ces bruits – Russolo parlait de distinguer un jour *dix, vingt ou trente mille bruits différents* – comment ne pas nous perdre dans *cet océan de sons* ? Nous ne pouvons prévoir où cette observation et ce questionnement nous conduiront. Nous avancerons avec le seul désir de découvrir peut-être une île – ou un continent, qui sait ? – qui pourrait avoir une utilité pour des musiciens comme pour des non-musiciens. Bref, nous chercherons la beauté dans ce qu'il est convenu d'appeler la laideur, nous fouillerons les poubelles de l'histoire et du son pour en

extraire le précieux témoignage sonore. Ainsi, nous poursuivrons le rêve de Russolo vers l'inaccessible étoile.

## INTRODUCTION

Notre observation va se concentrer sur une seule famille de bruits : le bruit des voitures. Les automobiles sont le parfait symbole de notre modernité occidentale, à la fois un de ses plus puissants rêves et un de ses cauchemars, par les pollutions qu'elles engendrent.

La marque sonore du XX<sup>e</sup> siècle, dans les pays industrialisés, est incontestablement le bruit produit par les moteurs à explosion. On peut dire, sans être offensant pour les véhicules électriques, que la quasi-totalité de tout ce qui roule aujourd'hui sur les routes du monde, et qui possède un moteur, utilise un moteur à explosion. On pourrait y ajouter tout ce qui est motorisé sur les mers. Seul, le ciel est sous la domination du moteur à turbine, autre famille sonore.

Parallèlement, à la fin du XX<sup>e</sup> siècle, un des phénomènes émergents est le refus du bruit sous toutes ses manifestations. Une revendication à un droit au silence ou, en tous cas, à moins de bruit. Surtout le bruit des autres.<sup>3</sup> Cette revendication n'est pas nouvelle, d'autant qu'il faut la relativiser par le fait qu'il y a une autre demande, mais pour plus de bruit cette fois, et qui ne cesse de croître depuis les années 1960 : celle concernant l'écoute de la musique, en discothèque, dans les concerts « rock » ou dans les « raves », sans oublier les baladeurs.

Notre propos n'est pas de faire ici l'histoire du bruit. Ni son procès. Nous nous proposons simplement de nous pencher sur le bruit des voitures. Comment en parle-t-on, que dit-on de lui ? Et pour cette observation, nous serons attentifs à une grande entreprise française : Renault. Comment parle-t-on du bruit chez Renault, premier constructeur français et donc premier pourvoyeur de... bruits ! L'entreprise Renault sera l'un des fils conducteurs de ce travail.

Dans cette entreprise, nous délaierons volontairement tous les bruits des ateliers, attachés à la production et à l'histoire ouvrière, pour ne nous attacher qu'aux seuls bruits des véhicules et à la manière dont on en parle. Nous garderons le style oral

---

<sup>3</sup> « Concernant les plaignants, les questions suivantes ont été posées : – A-t-il raison parce qu'il se plaint ? – a-t-il raison de se plaindre à chaque dépassement des normes ? – faut-il saisir toutes les occasions de se plaindre des voisins ? » *Acoustique & Techniques*, trimestriel d'information des professionnels de l'acoustique, juillet

pour les extraits d'entretiens que nous avons eu avec les personnes travaillant sur le son chez Renault. Nous serons le moins technique possible, mais nous ne pourrons éviter de préciser les éléments qui sont nécessaires pour comprendre comment se forme le son des engins motorisés. Nous nous placerons toujours du côté de l'écoute. Pour cela, nous inviterons le lecteur à écouter les exemples de bruits moteurs enregistrés dans le CD en annexe, au fur et à mesure qu'il sera fait référence à eux (♪) : ils pourront éclairer utilement le discours.

En contrepoint de cette enquête, nous ajouterons quelques réflexions, des citations extraites de revues automobiles, et des publicités. La plupart de ces citations – comme les extraits d'interviews recueillies chez Renault – proviennent de personnes non-musiciennes, professionnellement parlant. Mais ils témoigneront d'une oreille particulièrement attentive à la matière sonore qu'ils écoutent.

Nous ne chercherons pas à unifier ni à simplifier notre propos. Ces ajouts pourront paraître parfois en décalé avec le discours que tiendrons : c'est dans l'espace créé par cette discontinuité que se situe notre réflexion. Autrement dit, il n'y a pas, dans cette étude, de volonté de conclure quoique ce soit ou d'être définitif en aucune manière. Mais, par ce jeu de juxtapositions, nous voulons proposer une dialectique possible, permettre une réflexion, libre de tout enfermement.

Notre ambition n'est donc pas de démontrer. Alors, quelle est-elle ? Simplement qu'à la fin de ce parcours, nous soyons un peu plus à l'écoute du monde qui nous entoure, un peu plus acteur de ce que nous entendons, afin de moins subir.

Dans une première grande partie, nous ferons un peu d'histoire autour de l'automobile. Après avoir brièvement retracé les évolutions du moteur à explosion, nous essaierons de comprendre comment se forme ce bruit complexe. Nous serons attentifs à l'architecture du moteur qui détermine pour une grande part sa sonorité. Dans une deuxième grande partie, nous observerons comment on parle du bruit des moteurs, en quels termes et depuis quand. Cette observation privilégiera Renault, à travers quelques personnes travaillant – ou ayant travaillé – sur le bruit des véhicules dans l'entreprise. Nous écouterons les différents discours, découvrirons les évolutions, les prises de conscience et les interrogations à l'intérieur même de

l'entreprise. Puis, sous forme de conclusion provisoire, nous essaierons de poser quelques réflexions pour l'avenir de nos recherches.

## 1<sup>ère</sup> PARTIE

### I - L'HISTOIRE DU MOTEUR AUTOMOBILE

« Combien de centaines de millions d'hommes, directement ou indirectement, servent l'automobile ! Par l'auto, le monde vit autant que pour elle. Il en use pour la peine et le plaisir, pour la paix et pour la guerre, pour la vie et pour la mort. Il en a désormais besoin comme du pain quotidien. L'auto rythme ses travaux et ses jours. Elle est l'âme et le symbole des temps nouveaux. »<sup>4</sup>

Observons comment se sont installés, dans notre paysage, l'automobile et son moteur à explosion. Pour simplifier et en prenant quelque hauteur, nous pouvons dire que le XIX<sup>e</sup> siècle est sous le règne de la vapeur et le XX<sup>e</sup> siècle sous celui du moteur à explosion.<sup>5</sup> Force est de constater qu'il n'y a aucune rupture franche, aucune date autour de laquelle nous pourrions enfin croire que l'histoire n'est qu'une succession de moments, et non un tuilage complexe d'événements. Les chevaux, les véhicules, à vapeur, électriques et thermiques vont cohabiter longtemps.

Pour poser quelques jalons, rappelons que l'année 1890 voit quatre constructeurs de véhicules automobiles apparaître, tous équipés d'un moteur Daimler, deux cylindres en V, à quatre temps. Ces quatre constructeurs s'appellent Daimler, Benz, Peugeot et Panhard. Le comte de Dion (qui deviendra marquis à la mort de son père, en 1901) préfère la vapeur et va même gagner en 1894 une des premières courses automobiles proposée par *Le Petit Journal* comme un « concours de voitures sans chevaux » : le Paris-Rouen. De Dion devance ainsi les premiers véhicules équipés de moteurs à explosion, notamment Peugeot et Panhard. Mais son bogie à vapeur de deux tonnes tirant une calèche d'une tonne et demie est déclassé ; il se convertira

---

<sup>4</sup> *Science et Vie* hors série « l'automobile et la motocyclette », 1947, éditorial p. 3.

<sup>5</sup> Il peut être utile, ici, de se souvenir que les moteurs à vapeur, marques sonores du XIX<sup>e</sup> siècle, sont assez silencieux. Le seul bruit émergeant est l'échappement de la vapeur, qui se fait dans un bruit blanc, et que les enfants traduisent encore dans leurs jeux par l'onomatopée « tchou-tchou », alors qu'ils n'ont jamais eux-mêmes entendu de locomotive à vapeur ! Signe de la force de l'impact des sons industriels sur notre mémoire collective. Mais un moteur à vapeur est globalement silencieux.

l'année suivante au moteur à explosion. L'électricité a commencé aussi son infiltration depuis l'invention de la dynamo par le belge Zénobe Gramme, en 1869. Et c'est au volant d'une voiture électrique profilée, la *Jamais contente*, que Jenatzy, en 1899, dépasse les 100 km/h de moyenne sur un kilomètre. Les records du kilomètre lancé brisent en nous une image : celle de notre ancêtre trônant sur son phaéton et soulevant son chapeau au passage d'une femme. 202,655 km/h en 1909, 326,487 km/h en 1927 et 502,100 km/h en 1937... A Paris, les chevaux sont utilisés dans les transports en communs jusqu'en 1913 : « *Le dernier omnibus à chevaux a fonctionné sur la ligne La Villette-Saint-Sulpice en janvier 1913, le dernier tramway à chevaux sur la ligne Pantin-Opéra en avril de la même année.* »<sup>6</sup>

Pour donner une idée de l'importance et de la vitesse de l'expansion automobile, quelques chiffres encore, qui laissent rêveurs. Peugeot, que l'on peut considérer comme le premier fabricant de série de l'industrie automobile, produit cinq voitures en 1891 et vingt-neuf l'année suivante. Les Etablissements Renault produisent six véhicules en 1898, soixante et onze en 1899, cinq cent neuf en 1902, cinq mille cent en 1910. À la veille de la première guerre mondiale, on dénombre plus de six cents constructeurs automobiles en France. On évalue qu'en 1911, six cent mille voitures de toutes sortes circulent aux Etats-Unis. En 1934, *L'Illustration* rapporte ceci : « *Au 1<sup>er</sup> janvier 1934, il y avait en France, en circulation, exactement 1 855 170 véhicules automobiles de toutes sortes, dont 1 400 000 dits de tourisme, appellation tout à fait fautive du reste puisque ces véhicules constituent en réalité, et tout simplement, le mode de transport moderne qui convient à la profession de leur propriétaire (médecins, industriels, commerçants, voyageurs, etc.)* »<sup>7</sup>

Plus proche de nous, on compte que, dans la seule année 1994, près de cinquante millions de véhicules ont été construits. Et en 1995, on affirme que plus de six cent vingt-cinq millions de véhicules automobiles ont déjà été produits dans le monde. La même année, on considère qu'en France les emplois induits par ce secteur s'élèvent à 2,6 millions de personnes, soit plus de 10% de la population active !

La récrimination contre le bruit, elle, viendra très tard dans cette histoire, tant à l'intérieur des usines que pour les utilisateurs. Une des raisons en est d'ailleurs la soi-disant virilité associée au fait de supporter du bruit qui a courue dans le monde

---

<sup>6</sup> Dubech, Lucien et d'Espezet Pierre, *Histoire de Paris*, Paris, Payot, 1926, p. 463.

<sup>7</sup> Baudry de Saunier, « Causerie sur le salon de 1934 », *L'Illustration* du 6 octobre 1934, n° 4779.

ouvrier : « *Pour les travailleurs, la prise de conscience de l'influence du bruit sur la déficience auditive est désormais bien établie. La surdité résultant d'une activité professionnelle 'bruyante' n'est plus une fierté ; la perte d'acuité auditive n'a plus aucun caractère valorisant. La santé prime. Les valeurs changent.* »<sup>8</sup> Cette remarque est stupéfiante mais malheureusement parfaitement exacte. Dans le monde industriel, il est vrai que supporter le bruit – comme supporter l'alcool – était un signe de force : il y a ceux qui pouvaient supporter parce qu'ils étaient devenus sourds, et ceux qui ne pouvaient pas encore, car ils ne l'étaient pas encore suffisamment. L'ouvrier d'expérience était ainsi valorisé par sa mutilation : cette scarification de l'oreille était le signe de son ancienneté, de son intégration, de son initiation dans le monde du travail. L'acte de se protéger, du bruit comme du reste d'ailleurs, est encore aujourd'hui perçu comme une valeur féminine. Est-ce que les jeunes (surtout les garçons), en adoptant des comportements à risque pour l'audition, ne perpétuent pas, dans l'écoute surpuissante, ce mythe d'une pseudo virilité dont l'expression serait de supporter l'insupportable ?

« Chez les oiseaux, de même, les mâles qui ont le meilleur succès auprès des femelles ne sont pas forcément ceux qui chantent le plus fort et le plus longtemps, même si ces derniers sont en général ceux qui, possesseurs d'un territoire, sont encore célibataires. »<sup>9</sup>

En tous cas, pour ce qui est du bruit des moteurs à explosion, personne ne s'en préoccupe vraiment à ses débuts. On a même une oreille bienveillante, voire lyrique : « *L'auto, il faut bien le reconnaître, est à la veille de tout transformer dans le monde. Pour ne pas regarder au-delà de notre territoire, voyons déjà la vie que la locomotion nouvelle est en train d'apporter dans les villes mortes de nos départements, et la gaieté ou l'animation que donnent partout sur leur passage les voitures légères qui, dès l'aube, chantent à l'allumage dans les cours ou garages de nos vieilles hôtelleries.* »<sup>10</sup> Ce temps – ce bon temps ? – est bien révolu.

Mais, ce fameux bruit automobile, si ignoré dans ses débuts et si vitupéré aujourd'hui, comment se produit-il ?

---

<sup>8</sup> Acte des « Assises de la qualité de l'environnement sonore » de Strasbourg, *Acoustique & Techniques* n°6, édité par le CIDB, juillet 1996, p. 13.

<sup>9</sup> Mâche, François-Bernard, *Musique au singulier*, Paris, Odile Jacob, 2001, p. 284.

<sup>10</sup> Uzanne, Octave, « L'auto triomphe », *L'Echo de Paris*, 26 juin 1903.



## II - LE BRUIT D'UN MOTEUR AUTOMOBILE

« Sochiro Honda, enfant, logeait dans sa chambre aux côtés d'un moteur à pétrole pétaradant. « Au lieu de le prendre en grippe, je me suis mis à en aimer le bruit et l'odeur, avoue-t-il. Dès que j'étais loin de ce teuf-teuf il me manquait. Alors, plus tard, je me suis intéressé à la mécanique pour en retrouver le parfum. »<sup>11</sup>

La toute première chose à souligner, c'est que la formation du bruit dans un moteur est une opération très complexe. Nous ne parlons pas pour le moment de tous les bruits possibles créés par un véhicule. Nous voulons simplement comprendre comment se forme ce bruit que, dès l'enfance, nous identifions comme le bruit d'une voiture, et qui provient, pour l'essentiel, de ce que les professionnels appellent le groupe motopropulseur (GMP). Nous ne prétendons pas tout maîtriser ici, tellement la complexité marque cette question, mais nous voulons seulement indiquer quelques éléments qui, nous l'espérons, éclairciront notre esprit comme notre oreille.

L'automobile, comme son nom l'indique, signifie le mouvement par soi-même. Qui dit mouvement, dit création de phénomènes vibratoires. Qui dit phénomènes vibratoires – ou fréquences – ne dit pas forcément sons. Pour qu'il y ait son il faut que l'oreille perçoive ces fréquences. Il est communément admis, même si cela varie d'un individu à l'autre, que l'oreille humaine entend les sons compris entre 30 Hertz pour les vibrations les plus lentes – les musiciens diront les plus graves –, et 20 000 Hertz pour les plus rapides, les plus aiguës. Une première complication est que les fréquences n'apparaissent jamais seules, mais toujours avec des fréquences secondaires appelées harmoniques. On peut créer des sons « purs », constitués d'une seule fréquence, mais uniquement artificiellement. Plus un son est complexe, plus il est dit « riche ».

Une deuxième complication s'ajoute à la première : beaucoup de pièces sont en mouvement à la fois dans un moteur lorsqu'il fonctionne, même si le véhicule est à l'arrêt, et donc beaucoup de phénomènes vibratoires se superposent, se croisent et compliquent la matière sonore. Une troisième complication : toutes les pièces d'un moteur, même celles qui ne sont pas directement mobiles - les sources d'excitations, diraient les acousticiens - résonnent avec des fréquences qui leurs sont propres. Ces

résonances par « sympathie » peuvent être transmises soit par des éléments du véhicule (voie solidienne), soit par l'air (voie aérienne). Ces nouvelles vibrations s'ajoutent aux autres et rendent le son d'un moteur encore plus complexe, donc encore plus riche.

« On est obligé de convenir que la commande d'une soupape : attaque d'une came sur un galet, du poussoir sur la tige du culbuteur, de celui-ci sur la queue de soupape, démarrage instantané de cette dernière, son rappel brutal sur le siège par un ressort puissant, représentent une succession de chocs qui heurte l'esprit de l'ingénieur, contraint d'y remédier par une étude très attentive et des artifices souvent subtils. Incontestablement, dira-t-on, mais cela marche quand même. La preuve en est que tout le long du jour, dans le monde, 400 millions de soupapes se soulèvent et retombent sur leur siège vingt-cinq fois par seconde. »<sup>12</sup>

Et parmi tous ces bruits - cliquetis, frottements, résonances et autres grincements - celui qui domine, c'est l'explosion. Un vrai pétard dont on ne retrouve la violence que lorsque l'on a son pot d'échappement percé, ou une absence de silencieux. Cette déflagration répétée produit, à faible vitesse, une succession de percussions, une sorte de « pétarade ». Mais à partir d'une certaine vitesse, l'oreille ne perçoit plus une succession de chocs, mais une hauteur de son ! Schaeffer nous propose, dans son *Solfège de l'objet sonore*, une réflexion sur ce qu'il nomme « les seuils temporels » de l'oreille. Il nous propose d'entendre successivement huit impulsions par seconde, puis douze, puis seize, puis vingt-quatre. L'oreille continue à percevoir une succession de chocs, de plus en plus rapides. Mais à vingt-neuf pulsations (29 Hertz), Schaeffer nous fait remarquer qu'apparaît un si bémol très grave, tout en conservant la perception de la succession rythmique. D'autres exemples suivent, jusqu'au moment où la perception rythmique disparaît totalement. On glisse donc imperceptiblement, et de façon continue, du quantitatif (le rythme) au qualitatif (la hauteur). Et Schaeffer ajoute, dans un style qui n'appartient qu'à lui : « *Saluons cette naissance obscure, cette mutation dont personne ne semble s'étonner, des perceptions rythmiques à celle de la hauteur.* »<sup>13</sup>

On pourrait, par analogie, rapprocher ce phénomène de l'écoute avec celui de la persistance rétinienne dans le cinéma : en accélérant progressivement une

---

<sup>11</sup> Séguéla, Jacques, *C'est gai, la pub*, Paris, Hoëbeke, 1990, p. 29.

<sup>12</sup> *Science et Vie* 1947, *op. cit.* p. 14.

<sup>13</sup> Schaeffer, Pierre, *Solfège de l'objet sonore*, Paris, INA-GRM, 1967 réédité en 1998, p. 26-28, CD1 pages 49-61.

succession d'images fixes, nous finissons par percevoir un mouvement continu qui n'existe pas.

Et cette explosion, source principale du bruit que nous percevons, est différente pour chaque véhicule : elle dépendra du volume de mélange gazeux comprimé (la cylindrée), des dimensions du cylindre (diamètre et longueur), de la compression obtenue, de la température, du rayonnement propre de tous les carters du moteur, et de toutes les pièces mises en résonance par ce « big bang » initial. En revanche, deux mêmes véhicules produits en série auront, de par l'identité des pièces utilisées, un bruit semblable.

Il faut ici faire une distinction entre le moteur « deux temps » et le moteur « quatre temps », elle est d'importance sur le plan sonore. Sans rentrer dans des considérations trop techniques, nous ne pouvons éviter de décrire ce fameux cycle à quatre temps, inventé par le français Alphonse Beau de Rochas en 1862, et développé en 1876 par l'allemand bien nommé Otto. L'essentiel de ce procédé est décrit de façon très simple par le groupe *Chanson Plus Bifluorée*, sur une musique d'Henri Salvador *Le loup, la biche et le chevalier*, chanson davantage connue par ses premières paroles : « Une chanson douce... »

### **Le moteur à explosion <sup>14</sup>**

Quel est le principe du moteur à explosion ?  
L'énergie thermique produite par combustion.  
Quelle est sa dynamique et ses multiples fonctions ?  
Voyons le principe du moteur à explosion :  
La soupape d'admission s'ouvre, le piston aspirant ainsi le carburant,  
Le piston comprime en remontant le carburant, ensuite a lieu le troisième temps.  
Les soupapes étant fermées, le piston redescend,  
Les soupapes s'ouvrent, le piston pousse en montant.  
Et tout ce système fonctionne en utilisant  
L'énergie thermique du mélange carburant.  
Aspiration, compression, temps moteur, expulsion sont les données de la propulsion,  
Mais attention, nous ne parlons ici que des types de moteurs à explosion, oui !  
Quel est le principe du moteur à explosion ?  
L'énergie thermique du mélange carburant.  
Voilà le principe du moteur à explosion  
Qui fut à l'époque une vraie révolution.

Cette chanson, que nous pouvons entendre sur le CD en annexe (♫)<sup>15</sup>, est un véritable cours de mécanique et un chef-d'œuvre d'humour. Pour nous résumer,

---

<sup>14</sup> Chanson Plus Bifluorée, *Le moteur à explosion*, CD NTCD 306, 1991.

dans le moteur à quatre temps, le piston fait quatre mouvements, alternativement, deux allers-retours dans le cylindre, et il n'y a qu'une seule explosion qui se produit dans le troisième temps : le temps moteur. C'est ce qu'on appelle le cycle à quatre temps. Hors, un aller-retour permet une rotation complète du vilebrequin. Pour prendre une comparaison simple, la jambe du cycliste (piston) en effectuant un aller-retour verticalement, provoque une rotation du pédalier. Pour garder cette comparaison du vélo, un moteur à quatre temps fonctionne comme si notre cycliste n'appuyait sur sa pédale qu'un tour sur deux (moment de l'explosion).

Dans le cas du moteur à deux temps, l'explosion se produit à chaque aller-retour du piston, donc à chaque rotation du vilebrequin. Notre cycliste de tout à l'heure appuie ici à chaque coup de pédale. Conséquence : pour une même vitesse de rotation, un moteur à deux temps aura deux fois plus d'explosions qu'un moteur à quatre temps. Le double, le rapport deux, en musique, nous connaissons : c'est l'octave. Et ici, il s'agit de l'octave supérieure. Voilà pourquoi ce moteur, présent dans toutes les cyclomoteurs, scooters et autres petits deux-roues, nous agresse tant les oreilles : les fréquences, deux fois plus aiguës que les véhicules à quatre temps, frappent notre oreille dans une zone qui est davantage sensible. Ces sons nous paraissent donc plus forts, indépendamment, bien sûr, de toutes modifications illicites apportées pour accroître le bruit. Cette distinction faite, nous nous en tiendrons au moteur à quatre temps qui équipe la quasi-totalité des automobiles aujourd'hui.

« Dans la rotation d'un moteur 4 cylindres, 4 temps, le fondamental est « équilibré », c'est-à-dire qu'il n'apparaîtra pas dans la vibration. En revanche, l'harmonique 2, elle, on la retrouve, par le jeu des mouvements des masses (forces d'inertie), et par l'explosion à cette même fréquence. Ce n'est pas un défaut, c'est lié à son fonctionnement. Ce signal impulsif des explosions qui se fait deux fois par tour, puisqu'il y a deux explosions par tour, va se retrouver sous forme de l'harmonique 2. »<sup>16</sup>

Plus un moteur tournera vite, plus sa sonorité deviendra aiguë. Comme la rapidité de la rotation est liée à la technologie, on peut dire, pour simplifier, que plus un moteur apparaît aigu à notre oreille – plus il tourne vite –, plus il a de chance d'être récent, et inversement.<sup>17</sup> L'on peut ajouter ici que ce passage du grave à l'aigu, dans l'accélération d'un moteur, se fait sous forme de continuum sonore, en passant par

---

<sup>15</sup> CD en annexe 3, page 1.

<sup>16</sup> Michel Brault du service « Prestation, acoustique et vibrations » de chez Renault, entretien du 24 juin 2002.

toutes les fréquences, et non par paliers. Ce continuum sonore, que nous retrouvons aussi dans l'effet Doppler lors du passage d'un véhicule en mouvement, a certainement modifié profondément notre perception sonore, et doit avoir des implications pour la musique elle-même que nous ne pouvons développer ici.

### III - L'ARCHITECTURE DU MOTEUR ET LE SON

À propos du coureur automobile Marcel Balsa : « C'était un homme heureux, dit sa fille, il n'a fait de sa vie que ce dont il avait envie..., et il m'a appris à écouter un moteur. »<sup>18</sup>

Le nombre de cylindres, dans un moteur, est variable. On en trouve de un à douze, et cela bien sûr, modifie aussi la sonorité. Quand nous rencontrerons deux cylindres ou plus, nous serons attentifs à la disposition de ces cylindres – l'architecture moteur – qui, elle aussi, crée des sous-familles sonores. La disposition la plus courante a été de disposer les cylindres les uns à la suite des autres, verticaux, le long du vilebrequin : c'est la disposition dite « en ligne ». L'inconvénient, en cas de six ou de huit cylindres, c'est l'allongement démesuré du capot moteur, très en vogue avant la seconde guerre mondiale, et si bien caricaturé dans les dessins animés de Tex Avery. Une autre solution a été de disposer les cylindres opposés et à plat. Quand il y a deux cylindres à plat et opposés, on parle du *flat-twin*, rendu célèbre dans notre histoire nationale par la légendaire 2 CV de Citroën, et également par toute la famille Panhard de l'après-guerre. La disposition de ce moteur permet l'alternance des explosions et des mouvements sur un plan horizontal, et par conséquent secoue beaucoup latéralement. (♪)<sup>19</sup> Remarquons la parenté sonore entre la 2 CV et la Panhard qui est due à la similitude de l'architecture moteur. (♪)<sup>20</sup>

« L'arrêt définitif de la 2 CV fut pour moi un arrêt sur image, celle de ma jeunesse, égrenée avec Baudot aux quatre coins de la planète dans cette deudeuche qui allait être, le temps du premier tour du monde d'une voiture française, notre véhicule, notre maison et notre héros. Il est si loin et pourtant si proche ce voyage au bout de nous-mêmes. Je me souviens de chaque

---

<sup>17</sup> Avec la réserve, exprimée plus haut, concernant les moteurs à deux temps.

<sup>18</sup> Dumiot, Michel, *Rétrovisueur* n° 42, février 1992, p. 46.

<sup>19</sup> CD en annexe 3, page 2.

<sup>20</sup> CD en annexe 3, page 3.

renflement, de chaque ronflement, de chaque roulement de notre deux pattes. On ne risque pas ses 20 ans et sa carrière dans une voiture sans s'attacher pour la vie. Si je ne suis pas potard aujourd'hui, si je rêve inlassablement de comprendre le monde, si je me sens toujours 20 ans, c'est grâce à la 2 CV. C'est qu'elle est plus qu'un produit surdoué, une philosophie de la vie. »<sup>21</sup>

Une autre solution mécanique consiste à mettre les cylindres en V, avec un angle de 60° (disposition préférée de Ferrari) ou de 90°. Il existe aussi une disposition des cylindres en étoile, architecture privilégiée dans l'aviation. Chaque disposition offre des avantages et des inconvénients. Le choix d'une architecture moteur est donc le résultat d'un compromis acceptable, pour un lieu donné et pour un usage donné, avec les contraintes technologiques et économiques du moment. Aujourd'hui, c'est le règne du « 4 cylindres en ligne » en Europe, mais ça n'a pas toujours été le cas. Observons les mutations de l'architecture des moteurs dans le siècle.

Le premier moteur monté en série, celui de Daimler, était un moteur à deux cylindres en V (un V2), puis il y eut le fameux « mono » de Dion, dont nous reparlerons un peu plus loin. Très vite, toutes sortes d'essais et de solutions furent tentés par les ingénieurs, tant en Europe qu'aux Etats-Unis. Il faut rappeler ici avec le chroniqueur de *Science et Vie* que : « *L'industrie française, longtemps à l'avant-garde du progrès, comptait, à la fin du premier conflit mondial, 150 constructeurs en activité. Au salon d'octobre 1938, ils n'étaient plus que 22.* »<sup>22</sup> Ajoutons qu'aujourd'hui, ils ne sont plus que trois : Citroën et Peugeot qui se sont regroupés au sein de PSA, et Renault.

La seconde guerre mondiale va, bien sûr, jouer un rôle sur la production des véhicules, en pénalisant beaucoup la France. Les chiffres suivants sont significatifs de cette difficulté qu'à la France pour retrouver un chiffre de production d'avant-guerre :

<u>France</u>	<u>Etats-Unis (+ Canada)</u>	<u>Grande-Bretagne</u>
1936 : 209 900 véhicules	4 616 300	466 300
1937 : 207 400	5 016 400	490 400
1938 : 227 200	2 655 800	447 600
1946 : 96 062	3 089 507	365 282

En France, en 1947, sur les vingt-huit modèles proposés par dix-sept marques rescapées, on dénombre les architectures moteurs suivantes : trois modèles en

---

<sup>21</sup> Séguéla, Jacques, *C'est gai, la pub*, op. cit., p. 179-180.

« Flat-twin » (deux cylindres à plat), douze modèles utilisant le « 4 en ligne », deux « 4 cylindres à plat », neuf « 6 en ligne », et deux « V8 ».

Pour la même période, l'Angleterre présente cinquante-cinq modèles de trente et une marques différentes : trente-quatre « 4 en ligne », un « 4 cylindres à plat », dix-huit « 6 en ligne », un « 8 en ligne » et un « V8 ».

Par comparaison, et toujours en 1947, l'Amérique, de loin le premier pays constructeur, affiche trente-huit modèles de vingt marques différentes dont l'architecture moteur est : deux « 4 en ligne », vingt-trois « 6 en ligne », huit « 8 en ligne », quatre « V8 » et un « V12 ». Il ne s'agit, pour tous ces chiffres, que des modèles dits « de série ».

La comparaison, avec la limite que représente la différence de production d'un modèle à l'autre, permet cependant plusieurs observations :

- 1 - le « six cylindres » était encore la référence de base sur la scène internationale,
- 2 - le « 4 cylindres » n'existait pratiquement pas outre-atlantique (encore aujourd'hui),
- 3 - le « V8 », aux USA, n'était pas dominant comme il l'est aujourd'hui,
- 4 - en Europe, le « 4 cylindres » monte en puissance, surtout en Angleterre,
- 5 - le « 2 cylindres à plat » paraît être une exception culturelle française...
- 6 - le monocylindre, cher au marquis de Dion, a disparu. Il ne survivra que dans les véhicules à deux roues.

Attardons-nous justement quelques instants sur ce monocylindre de Dion qui est certainement, pour l'Europe et pour la France en particulier, un son typique à la fois de la toute fin du XIX<sup>e</sup> siècle et du début du XX<sup>e</sup> siècle. Le fameux « mono » de Dion va être utilisé par deux cents constructeurs ou artisans, et parmi eux : Renault, Delage, Opel, Adler, Pierce-Arrows, etc. Écoutons-le sur une voiturette de Renault (1900) : l'enregistrement est sous abri. (♩)<sup>23</sup>

Nous sommes en présence d'un moteur à la sonorité légère, et dont la vitesse de rotation est située aux environs de six cents cinquante tours par minute, donc onze battements par seconde. Nous n'entendons qu'une succession de chocs, bien distincts les uns des autres. Dans l'extinction du moteur, nous percevons bien les mouvements du moteur. Comparons ce son avec celui de deux tricycles : un Lacroix-

---

<sup>22</sup> *Science et Vie* hors série « L'automobile et la motocyclette », 1947, p. 91.

<sup>23</sup> CD en annexe 3, page 4.

Delaville de 1903, et un Aché de 1900 : ce sont encore des monocylindres de Dion qui équipent ces deux machines. (♫)<sup>24</sup>

Ici, l'enregistrement est en plein air. La parenté sonore est évidente. Notons au passage une certaine rondeur de ces sons, sans aspérité, et peu agressifs pour les oreilles.

Dans les moteurs à deux cylindres, nous évoquions plus haut le fameux Flat-twin, en constatant qu'il était, de par son opposition des mouvements, très « secouant ». Les autres dispositions des deux cylindres, « en ligne » ou « en V », restent de toutes façons bien remuantes. En témoigne le fameux taxi de la Marne de Renault, avec sa disposition en ligne. (♫)<sup>25</sup>

Le V2, qui était la disposition du premier moteur Daimler, a une sonorité très caractéristique, qui a été transmise jusqu'à nous par les motos Harley Davidson. Tous les amateurs s'accordent à trouver la sonorité de ces motos particulièrement intéressante. Cet attachement se double du fait que ce moteur, dont la conception n'a pas changé depuis ses origines, nous plonge, par son bruit, dans l'histoire. Il fait ressurgir, même de façon inconsciente, un passé révolu. Écoutons deux Darmont, un de 1924, et un autre de 1929. (♫)<sup>26</sup>

Ces curieux engins, entre moto et voiture, à trois roues (on parlait alors de cyclecars) ont la particularité d'avoir le moteur devant, presque à l'air libre. Donc un bruit très proche des motos, et des Harley Davidson en particulier. La cylindrée est de 1100 cm<sup>3</sup>. Au ralenti, le Darmont présente un son moins gras, plus léger. Profitons de ce ralenti pour remarquer le cliquetis aigu : c'est le choc des soupapes que nous entendons ici. (♫)<sup>27</sup>

Le « quatre cylindres » n'est pas une invention moderne. Il permet une meilleure répartition des forces qui s'exercent sur le vilebrequin. Donc, en théorie, il « secoue » moins qu'un bicylindre ou un monocylindre. Écoutons un Torpédo Renault à quatre cylindres, pour constater qu'en effet, le son est moins heurté que précédemment. On dit alors que le moteur tourne plus rond. Enfin, tout est relatif : nous ne sommes ici qu'en 1911... Dans cet enregistrement sous abri, soyons attentifs aussi à tout ce qui vibre par rayonnement du bruit moteur, les tôles en particulier. (♫)<sup>28</sup>

---

<sup>24</sup> CD en annexe 3, page 5.

<sup>25</sup> CD en annexe 3, page 6.

<sup>26</sup> CD en annexe 3, pages 7 et 8.

<sup>27</sup> CD en annexe 3, page 9.

<sup>28</sup> CD en annexe 3, page 10.



Vingt ans plus tard, Renault maîtrise mieux les vibrations de son « quatre cylindres ». Dans le son de la Monaquatre, nous pouvons déjà entendre la trace sonore des futurs véhicules de l'après-guerre qui vont faire la popularité de l'entreprise : 4 CV, Dauphine et R 8. Si une signature sonore, si une trace identifiante est possible chez Renault, elle est déjà présente dans cette Monaquatre de 1933. (♫)<sup>29</sup>

« Ni l'un ni l'autre n'ont été remplacés dans le cœur des parisiens de souche : chacun à sa manière, le taxi Renault KZ11 Vivaquatre de la compagnie G7, et l'autobus, Renault encore, TN-4H à plate-forme de la S.T.C.R.P., ont fait partie, côte à côte, des monuments parisiens. [...] Reprenant les caractéristiques de la Vivaquatre de 1933, animée par un quatre cylindres 2,2 litres développant 35 ch, le succès du taxi Renault ne s'explique pas uniquement par son confort : Louis Renault avait acheté la compagnie G7 à la fin des années 20 et put donc renouveler le parc avec des produits « maison ». Ce n'est qu'en 1959 que la G7 réforma son dernier Renault, remplacé par des Simca Ariane. La G7 avait changé de propriétaire... Produit à 410 exemplaires, animé par un quatre cylindres développant 58 ch pour 6 litres de cylindrée, l'autobus Renault TN-H4 eut une carrière encore plus longue. Né en 1936, il effectua son dernier trajet le 21 janvier 1971. »<sup>30</sup> (♫)<sup>31</sup>

L'augmentation du nombre de cylindres vise ainsi deux objectifs : augmenter la puissance, et améliorer le confort en diminuant les vibrations.<sup>32</sup> Ces deux objectifs s'adressent à un porte-monnaie forcément bien garni. Pratiquement tous les modèles dits de luxe possèdent au moins six cylindres, quelquefois huit. C'est le cas de marques qui feront le prestige de la France à l'étranger : les grandes Hispano-Suiza, Delahaye, Delage, Talbot, etc. Renault n'échappe pas à cette engouement pour le « six cylindres en ligne », et l'on voit apparaître, dès 1928, la Monasix (♫)<sup>33</sup>, la Vivasix, et un an plus tard, la Vivastella.

Citroën n'est pas en reste et produit, la même année, la C6. Avec les « six cylindres », nous entrons dans le monde de l'automobile aristocratique. Les grognements, les pétarades et les borborygmes mal élevés sont loin. La rotation du moteur, à l'oreille, est presque sans à-coups, plus lisse, feutrée. Un journaliste les compare acoustiquement :

---

<sup>29</sup> CD en annexe 3, page 11.

<sup>30</sup> *Rétroviseur* n°38, octobre 1991, p. 31-32.

<sup>31</sup> CD en annexe 3, page 12.

<sup>32</sup> Pour mieux saisir ce que modifie le nombre de cylindres dans la rotation du moteur, imaginons la roue à aubes d'un moulin qui n'aurait qu'une seule palette : ce serait notre monocylindre ; avec deux palettes opposées, ce serait le 2 cylindres ; avec quatre palettes (4 cylindres), nous visualisons bien le meilleur équilibre des forces qui s'exercent sur l'axe central (l'équivalent du vilebrequin dans notre comparaison) ; et ainsi de suite.

<sup>33</sup> CD en annexe 3, page 13.

**Renault Vivastella, 1932** : « Grogement lymphatique d'un démarreur faiblement alimenté en 6 volts, puis un tremblement général bien retransmis par le volant, signale que le six cylindres de 3,2 litres s'est réveillé. Le ralenti fait encore un peu tracteur, avec des explosions dures et bien distinctes, mais en faisant monter le moteur en régime à l'accélérateur, les trépidations diminuent et l'on peut entendre la rondeur d'un six cylindres un peu rustique, mais de coffre respectable. [...] Le six cylindres Renault sonne rauque et ne s'essouffle pas facilement. [...] Vous pouvez même envisager de longues étapes dans le ronflement paisible – mais présent – du six cylindres. »

**Citroën C6 G, 1932** : « Le moteur n'est pas beaucoup plus discret que celui de la Renault Vivastella, et sa sonorité s'apparente encore à celle d'un engin agricole plutôt qu'à la ouate d'un six cylindres Rolls ou la rage d'un Aston ou d'un Jaguar. Mais il sonne plus clair, plus léger que le Renault, marquant en cela la différence de sa cylindrée en sa défaveur. D'ailleurs, en route, il paraît un tantinet moins paisiblement imperturbable que le Renault, moins indestructible. [...] Du fait sans doute des sièges séparés, la C6 semble plus confortable que la Vivastella. Elle est surtout plus silencieuse, pas tant à cause de son moteur, mais surtout par l'absence de tout un tas de petits claquements, bruits de glace, de portières qui battent, inhérents à la structure composite, qui finissent par être agaçants sur la Renault. »<sup>34</sup>

Le véhicule « 8 cylindres » représente, en Europe, le haut de gamme, alors qu'il va devenir, sous la forme du « V8 », la référence aux Etats-Unis. Le « 8 en ligne », avec un moteur d'une longueur démesurée, équipe beaucoup de véhicules de courses de l'entre-deux guerres, notamment les fameuses Bugatti.<sup>35</sup> Et ici encore, Renault s'inscrit dans cette course au prestige – un segment du marché, dirait-on aujourd'hui – avec toute une gamme de voitures « au nez long » : Nervastella, Nervasport, Reinastella, Reinasport, Suprastella. Écoutons une Nerva Grand Sport de 1938 :  
(♫)<sup>36</sup>

La sonorité est onctueuse, « bourgeoise », chargé de basses profondes et avec un souffle qui annonce une belle puissance.<sup>37</sup> On construira aussi quelques phénomènes, particulièrement luxueux, comme la Bugatti Royale à la fin des années

<sup>34</sup> Pagneux, Dominique, *Rétroviseur* n° 42, février 1992, p. 73-75.

<sup>35</sup> « Dès que son moteur tournait, dit un autre de ses admirateurs, l'historien de l'automobile Jacques Rousseau, la Bugatti prenait une âme : le bruit d'échappement des huit cylindres était une réelle symphonie, un son joyeux qui dénotait l'audace de son constructeur et sa personnalité. Entendre une 'Bug' franchir une côte était à l'époque une réelle sensation... » cité dans *Les Princes des années folles*, de Gilbert Gillemainault et Philippe Bernert, Plon, 1970, p. 190.

<sup>36</sup> CD en annexe 3, page 14.

<sup>37</sup> Renault n'ira pas jusqu'aux 12 cylindres, mais seulement 10 cylindres en V, dans un moteur de course qui s'illustrera en Formule 1 dès 1989 et conduira Renault au titre de champion du monde des constructeurs pendant six années consécutives, de 1992 à 1997.

1920, huit cylindres en ligne et quatorze litres de cylindrée pour emmener trois tonnes :

« Les deux pompes à essence émettent un bruyant cliquetis, quelques pignons s'entrechoquent, le démarreur a à peine le temps de grogner et déjà le huit cylindres souffle à pleins poumons. Quelle est donc la sonorité de cette merveille ? Un silence habité. Rien à voir avec la froideur de machine à coudre des Rolls qui s'emploient à faire oublier leur moteur. Ni avec le grondement 'camionesque' de certains engins de gros calibres de la fin des années vingt. La Royale souffle au contraire un feulement chaud et régulier, les huit pistons donnant chacun à tour de rôle un « je suis là » paisible et rassurant. Et discret, car la cylindrée considérable sait se faire oublier à l'oreille non attentive. A l'échappement, on distingue cependant un 'bourouloup bourouloup...' de péniche, mais dans des notes fruitées, chantantes, évidemment plus raffinées. »<sup>38</sup>

Toujours plus folle, la silencieuse Cadillac seize cylindres en V de 1938 :

« Au démarrage, on entend un bruissement. [...] Sur la route, on ne perçoit ni vibrations ni humeur du V16. [...] Il est d'un silence inouï, tandis que son couple phénoménal se joue sans effort de cette lourde carrosserie. Des sensations bien éloignées de celles dispensées habituellement par un moteur à explosion... »<sup>39</sup>

Mais la guerre arrive : elle mettra un coup d'arrêt à cette aventure de Renault dans le monde du véhicule de luxe. L'entreprise, à cette époque, est déjà numéro un de la production automobile française. Sur le site Internet officiel de Renault, on trouve un portrait du fondateur, Louis Renault, avec ce commentaire laconique : « *Après la période difficile de l'Occupation, il [Louis Renault] meurt en octobre 1944. Ses usines sont nationalisées le 16 janvier 1945.* »

« Durant les hostilités, les usines de Billancourt, qui ne fabriquent plus que des camions, sont bombardées à plusieurs reprises en 1942 et 1943. Mais le bureau d'études prépare clandestinement les modèles d'après-guerre. Peu après la libération de Paris (août 1944), la production reprend lentement. Mais, dans cette période de confusion, d'agitation politique et de règlements de comptes, Louis Renault, accusé de collaboration pendant la guerre, est arrêté et incarcéré à la prison de Fresnes. Affaibli et victime de mauvais traitements, il meurt dans des circonstances troublantes, le 24 octobre 1944. »<sup>40</sup>

---

<sup>38</sup> Raoul, Jean-Eric, *Rétroviseur* n°62, octobre 1993, p. 31-32.

<sup>39</sup> Mengo, Serge, *Rétroviseur* n° 102, février 1997, p. 72-73.

<sup>40</sup> Fondin, Jean, *Hauts-de-Seine, berceau de l'automobile*, Paris, E.T.A.I./La Colline de l'Automobile, 1992, p. 219.

La Régie Nationale des Usines Renault est née. L'heure est à la reconstruction et la politique de l'entreprise va changer du tout au tout : finis les modèles de luxe et les rêves de la belle époque, il faut produire un véhicule avec les nouvelles méthodes qui viennent des Etats-Unis. Ce sera la fameuse 4 CV, présentée au Salon de l'Automobile de 1946 et commercialisée un an plus tard. Citroën, en 1949, sort sa célèbre 2 CV. Il faut, comme l'on dit à l'époque, « remettre la France sur route. » On estime le nombre total de véhicules produits par Renault avant la guerre à un million : la seule 4 CV sera produite à 1 100 000 exemplaires. Elle sera remplacée par la 4 L en 1961. La 4 CV avec son moteur à l'arrière, aura une descendance avec la Dauphine, la R8, la Caravelle et la Floride. La sonorité de ces véhicules est typique, avec un bruit moteur très présent, sans insonorisation particulière. Un bruit très « extérieur », à l'opposé de la sonorité des limousines luxueuses d'avant-guerre. (♪) <sup>41</sup>

Une nouvelle aventure industrielle commence, avec une large domination, chez Renault comme dans toute l'Europe, du « 4 cylindres ». La guerre contre le bruit, elle, n'a pas encore eu lieu.

## 2<sup>ème</sup> PARTIE

### IV - LES INGÉNIEURS DU SILENCE

« Aussi étrangères soient-elles, les machines gardent quelque chose d'humain, l'homme est en elles, et l'on a vu comment elles multipliaient à leur tour les métiers, en déplaçant l'expérience des savoir-faire vers les exigences de leur fonctionnement. » <sup>42</sup>

Produire des véhicules relativement silencieux n'est pas difficile, à condition de ne pas s'occuper du poids, de la puissance, de la consommation et du prix. Les grandes américaines des années 1950 connaissent très bien la recette, elle est simple : plus une pièce est lourde, moins elle vibre. Il suffit donc d'épaissir un peu tout (carters moteur, tôles, glaces) et de mettre un faux plancher bourré de matières

---

<sup>41</sup> CD en annexe 3, page 15.

<sup>42</sup> Lequin, Yves, « Le métier » in *Les lieux de mémoires*, vol. 3, sous la direction de Pierre Nora, Paris, Gallimard, 1997, p. 3369.

insonorisantes. La conséquence est donc une augmentation de poids, qui nécessite un moteur puissant et une consommation en rapport. Ces américaines enrobées font entre une tonne et demie et deux tonnes.

« Les règles très strictes de circulation, la configuration des routes américaines ont fait disparaître aux USA tout caractère sportif dans la conduite d'une automobile. Conduire, pour l'Américain, c'est se déplacer à 50 miles à l'heure au maximum (80 km/h) sur de larges routes, où les raie blanches des « lanes » le guideront comme des rails. Enfin, sa voiture devra pouvoir, en cas de besoin, parcourir sans défaillance, et d'une seule traite, plusieurs milliers de kilomètres. Songeons à la distance qui sépare New York de Los Angeles... »<sup>43</sup>

Les questions de sécurité interviennent aussi. Renault a également la recette du moteur à explosion parfaitement silencieux, mais il y a quelques problèmes :

« Commercialiser un moteur thermique parfaitement silencieux ? C'est possible, il suffit de l'encapsuler dans un isolant. Mais le remède pourrait se révéler critique pour le refroidissement et la fiabilité... »<sup>44</sup>

Nous sommes encore très loin du concept de « qualité sonore » ou de celui de « confort acoustique », et le métier d'acousticien n'existe pas encore. Il y a simplement des ingénieurs qui sont confrontés à une foule de questions techniques à résoudre, et parmi ces recherches, il y a les problèmes vibratoires. Ce ne sont d'ailleurs pas des questions secondaires puisque le vilebrequin, soumis à la fois aux impulsions motrices et à des forces d'inertie constamment changeantes, peut entrer en vibration et ainsi compromettre la solidité du moteur et de ses éléments. Le besoin de confort passe par le contrôle et l'amortissement de ces phénomènes vibratoires, par un certain silence.

« Quand aux tendances générales, communes à presque toutes les voitures de 1937, elles sont : *L'insonorisation*, c'est-à-dire la suppression des multiples petits bruits (grincements, sifflements, chocs périodiques, etc.) qui résultent soit du désaccord précisément du châssis et de la caisse, soit d'un défaut de montage ou de finition (le feutre et le caoutchouc, appliqués avec adresse, les étouffent maintenant). »<sup>45</sup>

En Angleterre, Rolls-Royce travaille sur cette question depuis ses légendaires *Ghost*. Viendront ensuite les *Phantom*, puis la série des *Silver Wraith* (spectre), les *Cloud*

<sup>43</sup> *Science et Vie* 1947, op. cit. p. 116.

<sup>44</sup> *R & D* n° 23, magazine de la recherche et du développement de Renault, janvier 2002, p. 24.

<sup>45</sup> Baudry de Saunier, « Causerie sur le salon de 1936, *L'Illustration*, n° 4883, 3 octobre 1936.

(nuage) et les *Shadow* (ombre), dont les noms n'évoquent pas précisément du bruit... Chez Rolls-Royce, la précision du travail est légendaire, avec un soin qui confine à la maniaquerie dans l'ajustement des pièces. Le résultat est là, mais à quel prix ! L'échappement, pièce centrale du dispositif anti-bruit, coûte une petite fortune. Marc Sauzeau restaurateur de Rolls rappelle que « *le montage d'une ligne d'échappement sur une Cloud doit être confié à l'ouvrier le plus qualifié de l'atelier : avec une pièce d'origine Rolls, il faut en effet compter une journée complète de montage. Les tubes sont très épais, passent dans le châssis, ne doivent cogner sur rien, tomber bien en ligne. Il n'y a aucune tolérance de montage.* »<sup>46</sup> Avec de gros moyens donc, faire du silence est chose aisée. Cela peut créer, toutefois, quelques surprises : suivons attentivement l'essai d'une Rolls-Royce Silver Cloud II de 1959, pour ce qui concerne l'environnement sonore du véhicule :

« On tend l'oreille pour constater que le moteur tourne, mais de la banquette arrière, le ralenti est à peine perceptible, tout juste un petit tremblement. [...] Le niveau sonore n'a, quant à lui, pas beaucoup évolué depuis l'arrêt, le majestueux équipage progressant dans un silence monacal, sans aucun bruit de roulement, avec tout juste de temps en temps un petit sifflement dans la boîte aux faibles régimes ou quelques manifestations du moteur dans un style brise légère plutôt que grondement de fauve. Pas un claquement de glace ou d'accessoire, pas un grincement, l'ajustage reste parfait 30 ans après. [...] A l'avant, le ralenti du moteur est un peu plus présent qu'à l'arrière et certains esprits bien informés parviendraient même à prétendre que la Silver Cloud se meut grâce à un moteur à explosion ! Cela dit, nous ne sommes pas aux commandes d'un tracteur et la publicité d'époque disait vrai : le tic-tac de la montre de bord est réellement moins discret que les soubresauts du moteur, et ce jusqu'à 70-80 km/h au moins. [...] Dans cette ambiance de calme et de fausse indolence, les essuie-glaces constituent sans doute l'indispensable clin d'œil britannique, tendance Mel Brooks. De taille ridicule – genre 2 CV ou 4L – et d'une efficacité toute aussi impressionnante, ils se déplacent sur le pare-brise dans un vacarme épouvantable, avec une frénésie alternative au niveau de leur incapacité ! »<sup>47</sup>

Voilà bien le problème qui va apparaître dans toute tentative d'insonorisation, quelle qu'elle soit. On pourrait reprendre la célèbre formule de la S.N.C.F. en la déformant : attention, un bruit peut en cacher un autre... Au fur et à mesure que l'on enlève un bruit, par un phénomène de masque on va, comme pour les poupées russes qui s'emboîtent, en révéler un autre, de moindre intensité, certes, mais peut-être plus désagréable que le premier !

<sup>46</sup> *Rétroviseur* n° 40, décembre 1991, p. 64.

<sup>47</sup> Jean-Eric Raoul et Claude Bohère, *Rétroviseur* n° 40, décembre 1991, p. 50-53.

« Si la différence de niveau sonore entre deux sources excède 10 dB, le bruit le plus fort masque le plus faible. Ainsi, dès que le principal fauteur de trouble se tait, un autre, inaudible jusque-là, se fait entendre. Exemple typique : la voiture électrique. Son moteur est silencieux, mais le bruit de roulement des pneus sur la route est devenu du même coup assourdissant et le sifflement de l'air sur les rétroviseurs extérieurs insupportables ! »<sup>48</sup>

Il a fallu donc s'occuper de tous ces phénomènes vibratoires, au fur et à mesure qu'ils sont apparus. Et de manière très empirique, dans un premier temps, avec très peu de monde, alors qu'en 1993, le service Synthèse Acoustique de la Direction des Etudes de Renault emploiera plus de soixante-dix ingénieurs et techniciens. En y ajoutant leurs collègues des usines, de la recherche et des services d'études, ils seront au moins deux cents dans l'entreprise à traquer les vibrations.<sup>49</sup> Et aujourd'hui, chez Renault à Guyancourt, le service « Prestations, acoustique et vibrations » représente environ quatre-vingt-dix personnes. Il est en constante augmentation, et c'est par centaines que l'on compte, dans toute l'entreprise, tous ceux qui traquent les vibrations et s'occupent du son.<sup>50</sup> Il y a, notamment, les « groupes bruits » qui sont chargés de veiller à la qualité acoustique des véhicules en sortie de chaîne. Car, malgré la robotisation et la production en série, de tous petits défauts comme une imprécision de quelques microns dans l'usinage d'un pignon ou une soudure mal faite, peuvent provoquer, entre deux véhicules identiques, un écart de dix décibels !<sup>51</sup> Mais comment cette préoccupation des phénomènes sonores s'est-elle introduite dans l'entreprise, et pourquoi a-t-elle pris autant d'importance ? Et de quels sons, exactement, s'occupe-t-on ? Jean-Paul Mathieu, actuellement en retraite, évoque son arrivée à Billancourt, en 1955 :

« J'ai fait un stage au moment où l'on commençait à mettre les bandes matérialisées sur les routes. Renault avait 300 chauffeurs routiers, et mon travail consistait à faire des planches pour leur formation, afin de leur expliquer à quoi servent les bandes continues et discontinues. Ça m'a un peu « barbé », et comme j'avais une formation d'électrotechnicien, je suis allé voir le chef de stage qui m'a orienté vers cette section d'acoustique du laboratoire. J'y suis resté toute ma vie. »<sup>52</sup>

---

<sup>48</sup> Revue interne à l'entreprise et éditée par Renault, « Cap sur le silence », collection Recherche et développement n°7, novembre 1993, p. 10.

<sup>49</sup> *Id.*, p. 11.

<sup>50</sup> Environ 400 personnes, sur un total de 130 000 personnes travaillant pour Renault.

<sup>51</sup> « Cap sur le silence », *op. cit.*, p. 11.

<sup>52</sup> Jean-Paul Mathieu, entretien du 24 mai 2002.

A cette époque, ils sont cinq : un ingénieur, un technicien confirmé, et trois techniciens, dont un sous les drapeaux. La section existe depuis quelques années, par la volonté d'un homme, M. Pomey, qui est directeur du laboratoire physique et chimie. Il a même fait acheter un violon « *pour nous permettre de nous y retrouver dans les fréquences* », se souvient Jean-Paul Mathieu. Dans un catalogue publicitaire présentant la R16 et datant de 1967, Renault appelle « ingénieurs du silence » cette équipe.<sup>53</sup> Ce tout petit service ne va pas s'agrandir avant 1970. Michel Brault, toujours en activité au service acoustique, confirme :

« J'ai commencé en 1970 chez Renault. J'étais jeune technicien, débutant stagiaire. Je suis arrivé vite dans le secteur acoustique : je suis électrotechnicien de formation. En 1970, il y a eu l'embauche de trois techniciens, ils étaient cinq avant. Passer de cinq à huit témoigne d'une volonté de l'entreprise. Et depuis, ça n'a fait qu'augmenter, nous sommes environ quatre-vingt-dix personnes à l'heure actuelle pour l'ensemble de la synthèse acoustique. »<sup>54</sup>

Quelle est cette volonté de l'entreprise dont Michel Brault nous parle ? C'est tout simplement la réaction à la première norme européenne de bruit qui vient de tomber, justement, en 1970 : les véhicules ne devront plus dépasser, en bruit extérieur, 82 dB.<sup>55</sup> Et les normes vont pousser les constructeurs à réduire de plus en plus les bruits de leurs véhicules. Quatre directives vont se succéder en imposant aux constructeurs des seuils à ne pas franchir. Bien sûr, on laisse quelques années pour se mettre en conformité, et ses seuils ne sont pas rétroactifs pour les véhicules plus anciens. La mesure est définie par une norme internationale (ISO R-362) qui décrit que, sur une piste plane, revêtue d'asphalte (dont la composition est précisée), le micro est placé à 1,20 m du sol et à 7,50 m du point de passage du véhicule, que ce dernier doit passer en accélération pleine charge (c'est-à-dire « à fond ») à partir de 50 km/h entre deux lignes situées à - 10 m et + 10 m du micro, en 2<sup>ème</sup> vitesse puis en 3<sup>ème</sup> vitesse : on retient la moyenne des niveaux les plus élevés. Avant d'avoir une norme internationale commune, chaque pays avait sa propre norme :

---

<sup>53</sup> « Dans un studio totalement insonorisé, une R16 est transformée en laboratoire, subit les bancs à rouleaux, toutes les vibrations, tous le cahots de la route. A son bord, un micro ultra sensible enregistre tous les bruits : bruits du moteur, d'échappement, de carrosserie. A l'écoute, les ingénieurs du silence : ce qu'ils cherchent ? Le silence absolu. » (1967, Ed. Publicis Paris, 46-122-04-03).

<sup>54</sup> Michel Brault, entretien du 24 mai 2002.

<sup>55</sup> Pour toutes les mesures en décibels que nous citerons, nous convenons ici de ne parler qu'en décibel (A), unité qui est pondérée en fonction de la sensibilité de l'oreille humaine. C'est l'unité la plus couramment utilisée en acoustique.



« Au début des années 1960, la norme italienne demandait que la voiture passe au maximum de la puissance et en première vitesse, avec une mesure de son déjà à 7,50 m. Pour la sortie de la R8 Gordini, pour faire un passage en première et à pleine puissance, le conducteur avait le pied à fond sur l'accélérateur, et l'autre à fond sur le frein ! »<sup>56</sup> (♪) <sup>57</sup>

Ces normes se sont progressivement durcies, si bien qu'en vingt-cinq ans, le niveau maximal autorisé, pour les voitures, est passé de 82 dB à 74 dB. L'écart ne signifie rien pour qui ignore qu'une augmentation de trois décibels correspond à un doublement de la puissance acoustique émise ! Ou bien encore, si l'on préfère, pour qu'une sensation de bruit paraisse deux fois moins forte, il faut réduire le niveau de trois décibels ! Les progrès accomplis par les constructeurs sont à la mesure des efforts financiers consentis. En réalité, ces directives ont permis de baisser de 90% le niveau sonore extérieur d'une voiture.<sup>58</sup> Et Renault, dans cette guerre contre le bruit, est, aujourd'hui, en avance d'une bataille : la Laguna II et la Vel Satis se situent trois décibels en dessous des normes européennes actuelles : 71 dB, soit deux fois moins de bruit que 74 dB ! Elles deviennent ainsi les voitures les moins bruyantes d'Europe.<sup>59</sup> Mais comment en est-on arrivé là ? Il est loin le temps où Jean-Paul Mathieu et ses confrères montaient à trois dans une 4 CV, avec cent kilos de matériel, simplement pour enregistrer le son, en mono :

« La pauvre 4 CV n'en pouvait plus. Il fallait des batteries de camion pour fournir l'énergie, une commutatrice pour faire de l'alternatif, (transformer le 12V en 120V), un boîtier de contrôle pour s'assurer qu'on était toujours à 50 Hertz, et une platine mécanique pour entraîner la bande. Donc, une personne qui surveille la fréquence, une qui enregistre, et une qui conduit : la voiture était pleine ! »<sup>60</sup>

A cette glorieuse époque, les normes européennes n'existent donc pas, et le fameux « cahier des charges » non plus. Une fois les enregistrements effectués, la jeune équipe essaye d'analyser, avec un analyseur par tiers d'octaves qui pèse vingt-cinq kilos et qu'il faut emprunter chaque fois à une autre section, des voisins distants de trois étages... sans ascenseur :

---

<sup>56</sup> Jean-Paul Mathieu, entretien du 24 mai 2002.

<sup>57</sup> CD en annexe 3, page 16.

<sup>58</sup> La croissance constante du trafic routier empêche de saisir ces progrès à l'oreille, et le bruit de circulation est dû aujourd'hui essentiellement aux bruits de roulement produits par les pneumatiques sur la chaussée.

<sup>59</sup> Voir en annexe 2 le document de candidature Renault au Décibel d'or 2001, concours gagné par la Vel Satis dans la catégorie « Produits et nouvelles techniques ».

<sup>60</sup> Jean-Paul Mathieu, entretien du 24 mai 2002.

« On mettait donc des sons en boucle, et avec l'analyseur nous avions, sur un papier paraffiné transparent, le dessin des fréquences ; ensuite on les photographiait pour pouvoir comparer les solutions entre elles. La difficulté, c'était de savoir interpréter ces graphiques... La section disposait aussi d'un analyseur à bandes fines, mais il fallait tourner la manivelle pour rechercher les fréquences. L'analyse d'une boucle de 20 cm – d'une seconde –, prenait une heure et demie à deux heures ! »<sup>61</sup>

On le voit, les débuts sont rudimentaires, mais ce sont les réalités techniques de l'époque, et elles ont déjà de la précision. Michel Brault complète :

« En 1970, on avait des moyens de traitement du signal : en fait, un micro et des accéléromètres ; on faisait des mesures, une ou deux courbes par jour. C'était à peu près tout le travail qu'on arrivait à faire, sachant qu'il fallait transposer le niveau de bruit en fonction du régime, car ce n'était pas directement transcriptible sur une courbe. La précision cependant était là : on travaillait sur la bande de fréquences 20-20 000 Hz, avec une valeur de calibration à 0.1dB. Déjà en 1970, il y avait de la précision dans la mesure. Par contre, on n'avait pas de capacité importante d'analyse. Mais pour ce qui est de la précision, on n'a pas tellement évolué depuis. Lorsqu'on correspondait entre nous, et qu'il y avait un bruit à décrire, il fallait bien un qualificatif, et une fois qu'un nom était trouvé et convenait, on le transmettait entre nous, dans notre culture. »<sup>62</sup>

Mais qu'écoutent et qu'entendent donc ces pionniers ? Des bruits, bien sûr, mais quels genre de bruits ? Des *bourdonnements*, des *sifflements*, des *roucoulements*, des *hululements*, des *grésillements*, des *fourmillements*, des *gloglotements*, des *chuintements*, des *grognements*, des *sirènements*, des *martèlements*, des *miaulements*. Sans oublier du *pilonnement*, de la *rudesse*, le *bruit de trompette*, le *crissement* de lécheur de vitre, le terrible *bruit de mitrailleuse*, le lointain *coup de canon*, le mystérieux *bruit de corne de brume* et l'inquiétant *groâ-groâ*... Cette liste, à faire pâlir tous les dadaïstes, surréalistes et autres futuristes, n'est pas close, loin s'en faut ! Elle est en tous cas le résultat d'une écoute attentive, et surtout d'une volonté de comprendre, de se comprendre aussi. Car il faut bien nommer ces bruits, et surtout parler la même langue, quand on travaille ensemble.<sup>63</sup> Renault, en 1996,

---

<sup>61</sup> *Id.*

<sup>62</sup> Michel Brault, entretien du 24 mai 2002.

<sup>63</sup> Pour nommer les bruits, il est fréquent que les acousticiens utilisent des onomatopées. Dans le domaine de la chaudière à gaz, pour réfléchir à la signature acoustique, un document de travail GDF présente la liste des bruits étudiés : « Le « blouf » ou double « blouf » à l'allumage, le déclenchement du contacteur (« clac » ou « tac »), la circulation du gaz (« dshdshdshdsh »), les étincelles d'allumage électronique (« tic, tic »), la dilatation de la carcasse (« klong, klong »), la caléfaction (« shshsh... »), la circulation de fluide (« blblbl »), la ventilation (« rhrh... »), la combustion (« pfouh... »), la contraction de carcasse (« klong, klong »), et la décompression de la chambre à l'extinction (flouhh »).

réalise, pour son usage interne, un CD dans lequel tous ces bruits, et bien d'autres, sont décrits, analysés, expliqués, exemples à l'appui.<sup>64</sup>

Car tout, dans une voiture en marche, vibre et bruite ! En premier lieu le moteur, nous l'avons vu plus haut, mais il y a aussi les bruits d'admission, les bruits aérodynamiques, les bruits d'amortisseurs, les bruits d'alternateurs, ceux de carrosserie, les bruits de chaîne cinématique, les bruits de ventilation, les bruits de compresseurs, le bruit de démarreur, les bruits de distribution, les bruits d'échappement, les bruits d'essuie-glace, les bruits de freins, les bruits de pneumatique, ceux de roulement, de boîte de vitesse, de transmission, de pompe à essence, et ceux plus récents de climatisation, de turbocompresseur, de direction assistée... Là encore, la liste n'est pas close. Plus on écoute, plus on entend. « *Une automobile, c'est une infinité de résonances juxtaposées* », dit joliment Jean-Paul Mathieu.

Devant cette complexité, les constructeurs sont obligés de s'organiser, pour sérier les défauts et essayer de les traiter. Serge Lacaze, responsable du service « Prestations, acoustique et vibrations » de chez Renault, explique :

« Nous sommes organisés par équipes métiers, chacune responsable d'un type de sons pour la totalité des véhicules de la gamme. Il y a l'équipe des basses fréquences qui s'occupent de tous les problèmes de bourdonnement, tous les bruits qui viennent du châssis, de la liaison avec le sol (suspensions, bruits de roulement, pompe à essence, etc.) Ce sont les bruits qui fatiguent le plus, à la longue, dans une voiture. Ensuite, il y a les bruits moyennes fréquences, essentiellement chez nous ce qu'on appelle les grondements ou la présence moteur ; les bruits à l'accélération ; lorsque vous « mettez le pied dedans », l'écart de bruit que vous avez entre un pied léger et stabilisé et... [il imite une voiture qui accélère] ...Vroum ! C'est ce bruit qui est le plus impliqué dans les questions de qualité sonore. Enfin une équipe pour les hautes fréquences. Elle va s'occuper des bruits aérodynamiques, du bruit extérieur, de la ventilation, de la climatisation, bref de tout ce qui peut gêner l'intelligibilité de la parole dans l'habitacle. »<sup>65</sup>

Car l'enjeu n'est plus du tout le même qu'il y a cinquante ou trente ans. Le service, jusqu'en 1970, n'intervenait qu'en bout de chaîne de la conception d'un véhicule, c'est-à-dire juste avant la production en série. On l'envoyait au service acoustique qui était chargé de voir les deux ou trois gros problèmes, et, si possible, de les résoudre. Mais corriger ainsi des défauts après la conception a un coût : par exemple, pour une

---

<sup>64</sup> Le descriptif partiel de ce CD se trouve en annexe 1.

<sup>65</sup> Serge Lacaze, entretien du 4 avril 2002.

machine-outil, un « encoffrement » a posteriori se paye de 5 à 20% du prix de la machine. Il est beaucoup plus économique de travailler en amont de la fabrication, dès la conception, d'autant que, dans la bataille contre le bruit, chaque décibel gagné coûte de plus en plus cher : « *Un surcoût de 2,5% pour un véhicule industriel pour passer de 90 dB à 85 dB sera de 7% pour passer de 85 dB à 80 dB.* »<sup>66</sup> Renault constate :

« Dans cette quête de silence, les acousticiens sont longtemps intervenus une fois le véhicule terminé, pour « limiter les dégâts » par de la mise au point. Aujourd'hui, l'ingénierie acoustique débute très en amont, en impliquant tous les métiers concernés. Cela permet à la fois de mieux comprendre les phénomènes, d'arbitrer plus tôt entre les attentes des uns et des autres avec, au final, un gain significatif sur la quantité de matériaux isolants et le poids. »<sup>67</sup>

Dans la lutte contre le bruit, un des progrès les plus importants a été apporté par la possibilité de *voir* le son enregistré :

« A partir des années 1975, on a pu voir sur écran un spectre de bruits en même temps qu'on l'écoutait, et voir ce qu'on entendait a été une étape très importante pour nous [acousticiens]. Toujours en analogique, on transposait simplement, à partir d'un micro, le signal temporel en signal fréquentiel. Après quoi, on visualisait sur des graphes les spectres de fréquences : on a pu alors évaluer chacune des raies, chacune des harmoniques, en visualisant leur importance. Ça a été vraiment très déterminant pour nous. »<sup>68</sup>

Ce changement technologique provoque une certaine mutation dans le service : c'est désormais avec l'œil que l'on va travailler, car l'oreille, aussi performante soit-elle, est incapable de mesurer avec précision les dimensions d'un objet sonore. Cette nouveauté est accueillie par les anciens avec enthousiasme :

« La lecture d'un spectre, nous, on l'associait à un son, ce que ne pourrait pas faire n'importe qui pris au hasard dans la rue. En voyant, on avait une idée du son. Le spectre, c'est la partition de l'acousticien. »<sup>69</sup>

Donc, de plus en plus, le service acoustique travaille « à l'œil ». L'arrivée de l'informatique dans les années 1980, va accentuer cette tendance, puisqu'il faut embaucher de nouvelles personnes :

---

<sup>66</sup> *Acoustique & Techniques* n°6, magazine édité par le CIDB, 1996, p. 16.

<sup>67</sup> *R & D* n° 23, magazine de la recherche et du développement de Renault, janvier 2002, p. 25.

<sup>68</sup> Michel Brault, entretien du 24 juin 2002.

<sup>69</sup> *Id.*

« Est arrivé ensuite le numérique, dans les années 1980, sans d'ailleurs nous faire renoncer totalement à l'analogique. C'est là que le service a dû grossir, car on s'est vite rendu compte qu'au lieu de répondre à toutes les questions, ça en posait surtout de nouvelles... De nouveaux moyens, donc de nouvelles personnes. L'informatique permettait de multiplier les sources d'informations, sans limite, et il fallait suivre ! Les limites étaient (et sont encore) nos capacités de disques, mais pas les possibilités d'analyses. Les projets se sont multipliés aussi, avec raccourcissement des délais. Dans un temps de plus en plus court, il a fallu faire des analyses et valider des calculs.»<sup>70</sup>

Bénédicte Saint-Loubry travaille à la Direction de la Recherche, dans un groupe dédié à l'acoustique et s'occupe, avec trois autres personnes, de la « perception de la qualité sonore ». Formation scientifique, altiste, et un DEA à l'Ircam. Elle travaille sur les archets de violon, mais la vie de laboratoire ne lui convient pas. Elle veut plus de défis, de contraintes, alors elle se tourne vers l'industrie automobile. Elle arrive chez Renault en 1998, et la première mission de son équipe est toute récente : 2001. Chez Renault, on a parlé d'abord de « confort acoustique », puis de « qualité du bruit » (!), et aujourd'hui, on évoque davantage la « qualité sonore » ou la « perception ». Elle a un point de vue qu'elle défend avec passion :

« Quand je suis arrivée, les gens de l'acoustique travaillaient sur ordinateurs, mais ils n'avaient pas de carte son ! Ils travaillaient uniquement sur les spectres, les fréquences, mais pas sur le « temporel » ; on enregistre, et c'est directement converti, pour prendre moins de place sur les disques, et on ne conserve même pas une trace du « temporel ». Donc, la culture du son = 0. Je pense qu'il y a longtemps – je ne devais pas être encore née -, il y avait cette culture du son, on écoutait les voitures, on regardait les spectres du son. Tous les logiciels qui permettent la FFT<sup>71</sup> ont changé ces habitudes. Les cahiers des charges sont faits sur du spectral, on n'écoute pas du tout les sons, on travaille sur un niveau global et sur des spectres à tiers d'octaves. »<sup>72</sup>

Sur cette question, Michel Brault a une position « d'entreprise » plus nuancée :

« Il faut vivre avec son temps. Je connais des gens qui travaillent aujourd'hui sur des spectres, et qui n'ont jamais écouté les sons de ce qu'ils voyaient... et ça ne les empêche pas de bien travailler ! Il y a des gens qui sont capables d'écouter (notamment dans les « groupes bruit »), d'autres de transposer, d'autres de calculer : nous formons une chaîne, oui, une chaîne... »

---

<sup>70</sup> *Id.*

<sup>71</sup> *Fast Fourier Transform*, logiciel qui traduit le « temporel » (l'écoute des sons réels) en « fréquentiel » (dessin des sons). La transformation de Fourier rapide (FFT) est un processus dans lequel les durées de calcul de multiplications/d'additions de nombres complexes sont fortement réduites.

<sup>72</sup> Bénédicte Saint-Loubry, entretien du 3 mai 2002.

Derrière cette question, il y a un réel débat qui s'est ouvert dans l'entreprise, et un changement de cap. Passer d'une « acoustique défensive » à une acoustique offensive », comme le dit Serge Lacaze. Ce changement, là encore, ne vient pas du fait du prince ou d'un caprice, mais du désir d'un roi : le client. La demande de confort, en matière acoustique, s'est faite de plus en plus pressente ces dernières années. Et qui dit confort, dit silence. Depuis longtemps déjà, Renault, sous forme d'enquêtes, interroge ses clients sur leur satisfaction pour différentes prestations de ses véhicules. Et la politique dite « défensive » de Renault, en matière acoustique, s'est, dans un premier temps, résumé à ça :

« Notre première préoccupation a été de ne pas déplaire au client. Diminuer les plaintes. Offrir à nos clients de la « non fatigue », c'est-à-dire que le conducteur doit pouvoir faire un long trajet sur autoroute et arriver dans un état de fraîcheur qui soit décent. Et ce qui différencie un véhicule reposant d'un autre fatiguant, ce sont les basses fréquences, le bourdonnement essentiellement, puisque c'est un problème qui est lié au choix d'un moteur à 4 cylindres, donc qui concerne 95% des véhicules fabriqués. Il y a vingt ans, le cahier des charges, c'était de réduire le bourdonnement. Il est vrai qu'à l'époque le bruit intérieur d'une R 12 pouvait atteindre 110 dB ! »<sup>73</sup>

Différentes enquêtes confirment cette attente du client : le bruit suscite 25% des récriminations des clients à propos de leur voiture, autrement dit, représente leur premier motif d'insatisfaction.<sup>74</sup> Et si le bruit intérieur n'est pas encore devenu un paramètre d'achat, Bénédicte Saint-Loubry précise que c'est un motif de non rachat évident. Observons, à présent, comment les médias se font l'écho de cette demande de silence.

---

<sup>73</sup> Serge Lacaze, entretien du 4 avril 2002.

<sup>73</sup> *Cap sur le silence, op. cit.*, p. 6.

## V - DU SILENCE VERS LA MUSIQUE ?

« Vers l'année 1826, Lachner allait souvent rendre visite à Schubert dans la petite maison du faubourg de Lilienthal. [...] Schubert alla chercher un vénérable moulin dans lequel il versa les grains de café, soigneusement dosés, et il se mit à moudre tout en fredonnant. Tout à coup, il lança le moulin dans un coin, les grains de café roulèrent par toute la pièce et il se précipita au piano en criant : « Je la tiens ! Je la tiens ! C'est admirable vraiment de posséder un pareil moulin ; les mélodies et les thèmes me viennent tout de suite ! Ce « rarara » m'inspire ! Il me transporte dans le monde de la Fantaisie ! Ce que mon cerveau cherche avec tant de peine pendant des jours entiers, ma petite machine me le donne bien souvent à la minute ! »<sup>75</sup>

La presse automobile confirme cette demande de silence. Observons deux numéros d'une revue grand public, *L'Automobile Magazine*, distant de quatre ans seulement : En juillet 1998, sur vingt fiches techniques décrivant les caractéristiques d'une automobile, on trouve seulement quatre mesures sur le bruit intérieur des véhicules présentés, alors qu'en juin 2002, sur vingt-sept fiches techniques, on trouve vingt-cinq mesures de bruit, soit la presque totalité.

Si l'on détaille à présent les commentaires sur le bruit, la différence est encore plus étonnante. Dans le numéro de 1998, nous relevons quatorze commentaires sur les bruits, et parmi eux, quatre sont négatifs : « *un bruit de pneu trop fort / une insonorisation insuffisante avec un ralenti bruyant / un bruit de train avant / une insonorisation dite « moyenne »* ». Quatre ans plus tard, nous trouvons une quarantaine de commentaires sur les bruits, dont vingt-sept sont négatifs : « *agresse toujours les oreilles / nous n'aimons pas le bruit moteur / moteur sonore et ses fréquences gravent l'assent / claquements à froid et importants bruits d'air / bourdonne vraiment trop fort / vivante à haut régime moyennant un bruit fort gênant / bruit moteur envahissant à la longue* » et toute une série de remarques concernant des véhicules « *pas assez insonorisés* » ou carrément « *bruyants* ».

Nous ne pouvons que constater que le son prend une place qu'il n'occupait pas auparavant, et que la demande pour moins de bruit est très forte. Tout ceci est juste, et la publicité va constamment mettre en avant cette demande de confort qui passe par une demande de silence. Regardons quelques publicités « papier » des années 1990 qui vont toutes dans ce sens.<sup>76</sup>

---

<sup>75</sup> *Le Guide Musical*, 1904, p. 785.

<sup>76</sup> Voir en annexe 4.

Mais que représentent, dans les deux numéros de la revue observée, les commentaires « positifs » que nous avons comptabilisé sans révéler leur contenu ?

Juillet 1998 : « *Le joyeux gazouillis de moineaux bourguignons entre deux hurlements de TVR (un plaisir) / bruit envoûtant / on peut profiter des 8 500 tr/mn du régime moteur (et de son bruit) / on jouit d'un silence parfait / un petit moteur qui gronde comme une forte cylindrée grâce à un échappement magnifiant sa sonorité / le V12 s'envole avec facilité dans les aigus / la mélodie rebondit de tribune en tribune / feulement rauque, montée en régime langoureuse, la 300 SLR chante merveilleusement / insonorisation soignée* ».

Juin 2002 : « *Ses accents rauques à l'accélération ravissent les amateurs / confort acoustique soigné / douceur et silence de fonctionnement / accélérateur au plancher, la montée en régimes semble ne jamais prendre fin / fougueux et mélodieux V6 / rageur, toujours musical avec sa voix rauque / musical, agréable* ».

Ici, nous ne trouvons pas de différences notables dans les commentaires distant de quatre ans. Ils sont de deux sortes : certains louent l'insonorisation et le silence, et d'autres magnifient le bruit, avec un certain nombre d'analogies musicales. Nous découvrons ici l'attente différente de ceux que Renault appelle les clients « confort » d'avec les clients « sports » :

« Je distingue deux types de clients. En gros, il y a ceux qui ont une attente « confort » : ceux-là, au premier rang, ils veulent des niveaux sonores les plus abaissés possible ; et puis il y a une attente de clientèle plus sportive, et chez Renault, c'est une fraction relativement faible. Pour Porsche, c'est 90%. Pour Renault, c'est, mettons, 5% avec la Clio Renault Sport, et les futures motorisations répondent à cette clientèle-là. [...] Il est normal que des constructeurs comme Porsche, et à un degré moindre BMW, soient finalement en avance sur ce sujet du plaisir sonore, par rapport à nous. »<sup>77</sup>

Plaisir sonore, voici une expression nouvelle chez Renault. Mais une réalité ancienne chez beaucoup de passionnés de voitures. La voiture faite pour se déplacer dans la vie quotidienne, on lui demande surtout de se taire, de se faire oublier, d'être tranquille, comme chez soi. En revanche, la voiture sportive, qui n'a d'utilité que dans le loisir, la voiture que, bien souvent, on ne possède pas et qui fait rêver (fantasmer même), alors, à cette voiture, on pardonne tout. Qu'elle chante, qu'elle s'exprime, qu'elle hurle, qu'elle se fasse remarquer par tous les moyens, qu'elle nous venge de toutes nos frustrations, de tous nos règlements, de toutes nos retenues ! Et quand on



aime, on ne compte pas, c'est bien connu : nous n'avons jamais vu une mesure acoustique de Ferrari ! D'ailleurs, cela n'intéresserait personne. Autant convier un public à une course de Formules 1 silencieuses : on imagine la déception ! Oui, le bruit participe du plaisir, et ce plaisir, s'il n'est pas forcément bestial ou brutal, peut l'être tout de même, notamment avec certains véhicules de course ou de prestige. En voici quelques descriptions sonores :

Ferrari 575M (V12, 2002) : « Au démarrage, le V12 gronde et tout l'habitacle tremble déjà, de peur sans doute, à l'idée de la horde de chevaux qui va débouler. [...] Sitôt la route dégagée, la bête se réveille. Accélérateur au plancher, la montée en régimes semble ne jamais prendre fin. Dans un bruit métallique assourdissant, le V12 se rue vers la zone rouge à plus de 7500 tr/mn. »<sup>78</sup>

Cobra 427 Racing (V8, 1965) : « Détendu, on fait pivoter la grosse clé rouge du coupe contact, un énorme voyant affiche une lumière orange luisante d'impatience. Tranquillement, on baisse l'interrupteur de la pompe à essence pour gaver correctement le Holley quadruple corps puis on tourne la clé de contact et on appuie sur le bouton presseur du démarreur... le monde bascule. Fini le roadster 'sixties' aux sages manières anglaises, voici venu le temps monstrueux de la Cobra. Avec le démarrage du moteur, le serpent s'est réveillé. Le son du V8 sauce Shelby envahit l'atmosphère. Pas un de ces sons feutrés et réguliers de ces calmes V8 auxquels nous ont habitués les routières 'made in USA', non, là il s'agit d'un feulement rauque qui va en s'amplifiant avec la pression sur l'accélérateur et qui, dès que le pied se lève, décroît dans une cascade irrégulière de sons brusques et métalliques, alors que les deux petits rétroviseurs 'obus' tremblent frénétiquement. Ce bruit, c'est un signal. Celui de la fin de la tranquillité. »<sup>79</sup>

Panhard 12,8 litres Grand Prix (4 cylindres, 1908) : « Régulièrement durant les mois d'été, les paisibles dimanches des villageois somnolant sur leurs fauteuils de jardin du hameau anglais de Laughton sont secoués par une série de détonations orageuses. Ressemblant assez au son d'un gros marteau piqueur ou à celui d'un compresseur géant, ces pétarades indiquent clairement la mise en route d'une machine monstrueuse. N'importe où ailleurs, ce bruit profond et lancinant produirait une débandade généralisée. Pas à Laughton. Ici, les habitants ont déjà entendu ça bien souvent : c'est seulement John Walker qui démarre sa Panhard 12,8 litres 1908 de Grand Prix pour un plaisant après-midi de ballade dans la campagne du Leicestershire. »<sup>80</sup>

Ferrari 250 LM (V12, 1964) « Le V12 se montre docile dès sa mise en action. Au ralenti, le 3,3 litres miaulant dans le dos, envahit les tympanes. Un régal ! Sa musique rappelle un peu les premières Miura [Lamborghini de même époque],

---

<sup>77</sup> Serge Lacaze, entretien du 4 avril 2002.

<sup>78</sup> Stéphane Chevalier, n° 673, juin 2002, p. 108-109.

<sup>79</sup> Boutevin, Patrick, *Rétroviseur* n° 37, septembre 1991, p. 27-28.

<sup>80</sup> Reynolds, John, *Rétroviseur* n° 51, novembre 1992, p.48.

ce qui n'est pas peu dire... Action : la main gauche dirige le levier de vitesses en bas à gauche. Le bruit du 12 cylindres se fait plus grave, à tel point qu'à partir de 4000 tr/mn toute discussion avec son passager relève désormais des causes perdues. A froid, la boîte se révèle plutôt dure dans la pure tradition Ferrari mais dès que la température atteint 80°, les changements de rapports s'accroissent comme s'intensifie le bruit magnifique du V12. »<sup>81</sup>

Renault Alpine 1600 S (4 cylindres, 1973) : « La mise en route évoque beaucoup de choses sauf la discrétion, quelque chose comme le passage de la patrouille de France ou un chantier de travaux publics. [...] Le vacarme du début n'a pas cessé, mais participe pleinement au plaisir que l'on prend à gravir les contreforts escarpés, ou à dévaler au contraire le versant opposé : accélération, rétrogradage, frein moteur... Tout dans l'Alpine engage à la conduite sportive, même ce satané bruit moteur qui – puisqu'il faut faire avec – devient nettement plus flatteur à l'oreille au-delà de 4500 tr/mn. »<sup>82</sup> (♪)<sup>83</sup>

Ces descriptions, parfois savoureuses, décrivent des véhicules d'exception, ou préparés pour la course. Il faut d'ailleurs savoir que, pour les véhicules de course automobile, il n'y a pas de norme de bruit. Sur le plan acoustique, tout est permis, et le seul but, c'est de gagner. Bénédicte Saint-Loubry confirme :

« Pour les véhicules de course, c'est la performance, et seulement la performance. Pour le son moteur, la notion de beau est difficile à cerner. Un beau son pour tel véhicule, pour tel client, dans tel contexte. Il n'y a pas de sonorité sans véhicule avec une destination particulière. La qualité sonore, ce n'est pas un truc absolu, ce n'est pas un niveau de dB non plus. Et pour des gens à formation scientifique, ce flou, c'est insécurisant... »<sup>84</sup>

Nous pouvons trouver aussi, dans les revues automobiles, des descriptions sonores de véhicules moins sauvages ou beaucoup plus discrets, mais toujours avec le grand plaisir de l'oreille de celui qui écoute :

Austin-Healey 100/6, 1959 : « Un tour de clé, le pouce sur le poussoir noir du démarreur, quelques pétarades désordonnées, puis le son chaud d'un six cylindres britannique remplit l'espace. Dès les premiers tours de roues, les oreilles sont à la fête. Ce moteur, il a du coffre, un son grave, rugueux, puis un chant plein et musical dès que le compte-tours s'agite. Il doit falloir être un génie de l'acoustique pour obtenir de telles sonorités d'un moteur aussi

---

<sup>81</sup> Reisser, Sylvain, *Auto-Rétro* n° 147, novembre 1992, p. 49.

<sup>82</sup> Bruno Leroux et Lucien Vannier, *Rétroviseur* n° 45, mai 1992, p. 53-54.

<sup>83</sup> CD en annexe 3, page 17.

<sup>84</sup> Bénédicte Saint-Loubry, entretien du 3 mai 2002.

utilitaire à l'origine. A l'oreille, il vaut largement un six cylindres Jaguar ou Aston... la noblesse ne paie plus ! »<sup>85</sup>

Rolls-Royce Phantom I, 1928 : « En fait, une Rolls ne se conduit pas, elle se pilote. On est aux commandes d'un monument historique. Pour moi, le ronronnement du six cylindres est un véritable concert qu'aucun autoradio si perfectionné soit-il ne peut remplacer. »<sup>86</sup>

Alfa Giulia 1600 Nuova Super (4 cylindres, 1976) : « Cette berline est vivante et communique à son conducteur sa réalité mécanique. J'entends les explosions dans les chambres, les frottements des cames, l'aspiration goulue des carburateurs et le chant du pot. Enveloppé de la musique métallique des arbres à cames, les mains posées sur la mince jante de bois du volant, après avoir passé la première doucement pour éviter le craquement caractéristique, la voiture se glisse avec souplesse dans la circulation encombrée de voitures contemporaines et aseptisées. (J'ai toujours pensé que les objets « sans caractère » finiraient un jour par façonner des hommes qui leur ressembleront de plus en plus). »<sup>87</sup>

En 1996, un responsable de Gaz de France posait cette étonnante question qui rejoint les préoccupations de tous les acousticiens aujourd'hui : « *Il faut développer la quantification subjective du bruit : comment définir les critères de confort acoustique, et travailler de façon urgente sur le sujet : qu'est-ce qu'un bon bruit ?* »<sup>88</sup>

Sur ce plan esthétique, Serge Lacaze précise :

« En gros, et toutes les études le montrent, le client confort veut une réponse acoustique qui soit harmonieuse – et harmonieux veut dire des harmoniques paires : 2, 4, 6, 8 – bien équilibrées, bien lissées, avec une décroissance bien propre. En revanche, le conducteur sportif va vouloir un son ronflant, plus complexe, qui, lui, va être très enrichi en harmoniques impaires d'abord, et fractionnaires ensuite. L'amateur de sport veut vraiment avoir de la richesse harmonique, alors que l'amateur confort veut de l'harmonie, donc des harmoniques paires. »<sup>89</sup>

Nous ne sommes pas véritablement dans la musique, mais il faut reconnaître que nous n'en sommes pas très loin. D'autres discours confirment cette volonté d'extraire du bruit des qualités plus « musicales » :

---

<sup>85</sup> Jean-Eric Raoul et Claude Bohère, *Rétroviseur* n° 42, février 1992, p. 51-52.

<sup>86</sup> Citation de Clément Plard, Gilles Rivet, *Rétroviseur* n° 46, juin 1992, p. 28.

<sup>87</sup> Citation de Michel Fauvet, *Rétroviseur* n° 46, juin 1992, p. 68.

<sup>88</sup> M. Stierlin de Gaz de France, *Acoustique & Techniques* n° 6, juillet 1996, p. 9. On appelle ce domaine la psycho acoustique.

<sup>89</sup> Serge Lacaze, entretien du 4 avril 2002.

« Nous regardons le niveau sonore de chaque source et nous enlevons des décibels ici ou là pour arriver à un équilibre harmonique. Mais attention, nous n'amplifions pas les bruits agréables, ce serait malhonnête ! Pour obtenir une bonne sonorité, nous devons aussi modifier le timbre, la coloration des sons. Ce travail s'effectue à partir d'enregistrements effectués à bord d'un prototype. Nous modifions cette partition sur un clavier d'ordinateur, comme ceux utilisés par les compositeurs de musique contemporaine. Puis nous corrigeons la voiture. A la manière d'un chef d'orchestre qui commence par détecter la fausse note, puis cherche le musicien qui en est l'auteur. »<sup>90</sup>

« Une fois la question du volume réglée viendra l'ère de la qualité sonore, qui verra les constructeurs travailler leurs modèles comme les luthiers leurs instruments. Pour le plus grand plaisir des oreilles des automobilistes et la sérénité des riverains. »<sup>91</sup>

Dans cette course à l'analogie musicale, BMW a pris une longueur d'avance, dans sa communication. Observons quatre publicités de la firme bavaroise, nettement orientées vers la musique.<sup>92</sup> Dans les noms mêmes des voitures, la musique s'installe parfois : *Ritmo* chez Fiat, *Saxo* chez Citroën, *Concerto*, *Prélude* et *Accord* chez Honda, etc.

## VI - LES DESIGNERS SONORES

« Un camion qui passe est-il de la musique ? Si je le vois, est-ce que je dois aussi l'entendre ? Si je ne l'entends pas, est-ce qu'il continue de communiquer ? Si tout en le voyant, je ne l'entends pas, mais que j'entende autre chose, disons un fouet à œufs, parce que je suis dedans et regarde dehors, est-ce le camion qui communique ou le fouet, lequel ? Lequel est le plus musical d'un camion qui passe devant une usine et d'un camion qui passe devant une école de musique ? »<sup>93</sup>

On mesure le chemin parcouru, depuis l'époque pionnière, avec la différence énorme qu'il y a entre vouloir supprimer quelques vibrations désagréables d'un véhicule, et quasiment vouloir « faire de la musique » avec ! Cette prétention nouvelle s'inscrit avec la naissance d'une spécialité à l'intérieur de la famille des acousticiens : les « designers sonores ». Apparus au début des années 1990, les

---

<sup>90</sup> Etienne Parizet, acousticien chez Renault, *Action Auto Moto* n° 18, novembre 1995, p. 34.

<sup>91</sup> *R & D*, magazine de la recherche et du développement de Renault, n° 23, janvier 2002, p. 21.

<sup>92</sup> Voir en annexe 5.

designers sonores veulent apporter leur contribution d'acousticien aux objets industriels, afin de les rendre, en terme d'images, mais d'images *sonores* cette fois, plus désirables. Louis Dandrel, un des pionniers de cette activité, explique : « *J'avais alors cette prétention de sculpter les sons, pour leur conférer une esthétique sociale, et de donner des voix aux objets, pour mieux en justifier la présence et l'efficacité.* »<sup>94</sup> Nicolas Frize, autre pionnier, est particulièrement attentif aux sons de la ville :

« Une ville, c'est comme une partition, on doit pouvoir l'offrir à sa population, et pour qu'elle la « joue », pour que l'instrument soit réussi, il faut que la lutherie soit très riche, complexe et multiple. [...] L'acoustique n'est pas une matière techniciste qu'on appelle pour faire de la correction ou du rattrapage, c'est une façon de penser la philosophie de la ville, c'est une façon de penser la citoyenneté. »<sup>95</sup>

Ludovic Germain, un autre designer sonore, s'enthousiasme :

« Partons à la conquête du son, greffons du rêve sur la technologie et proclamons la qualité sonore ! [...] L'intervention du designer industriel vise deux axes : suggérer une réflexion sur le bruit des objets ou prévoir le son que donnera telle forme avec tels matériaux et mécanismes afin de conduire à une signature sonore, voire proposer l'intervention d'un compositeur ou d'un acousticien. Si l'on prend l'exemple d'un produit récent tel que le four à micro-ondes, il signale qu'un plat est chaud par un timbre de bicyclette en guise de sonnerie ou une puce « made in Taïwan » : n'aurait-il pas été plus avantageux de lui créer une identité sonore ? »<sup>96</sup>

Deux expressions voisines sont utilisées ici : « signature sonore » et « identité sonore ». La signature acoustique, c'est ce qui permettrait d'identifier un produit – et ses qualités supposées – uniquement à l'oreille. L'idée est séduisante, car elle est associée à la mémoire, à l'histoire. On ne peut reconnaître que ce qui dure, que ce qui s'impose à la mémoire, au travers du temps qui passe.

« Quand je parle de cette qualité sonore, d'identité sonore, tout le monde me cite Alfa Romeo, avant même BMW. J'ajoute que les sons, la qualité sonore, doit correspondre à une certaine qualité d'un produit. Quand on lit la presse et qu'on la compare, on s'aperçoit que la presse française a un peu tendance, pour décrire la qualité sonore, à parler de la « musicalité » du son. Les allemands, quand ils parlent d'une qualité sonore, c'est toujours associé à une prestation. La qualité sonore n'est pas un absolu en soi, c'est contextuel. Une vraie qualité

---

<sup>93</sup> Cage, John, *Silence*, Paris, Denoël, 1970, p. 15.

<sup>94</sup> Louis Dandrel, *Télérama* n° 2588, 28 août 1999, p. 6.

<sup>95</sup> Nicolas Frize, *Le Monde*, 19 mars 1993, p. 74.

<sup>96</sup> Ludovic Germain, *Acoustique & Techniques* n°5, juillet 1996, p. 5.

sonore doit être juste, accordée avec le visuel, avec l'odeur, le vibratoire, etc. On n'en est qu'à la recherche, mais très rapidement, il va falloir trouver une cohérence des sens, parce que l'on peut faire une super voiture, mais si le son est 'pourri', ça casse tout. »<sup>97</sup>

On le voit, par le son, on peut faire croire à une qualité qui n'est peut-être pas là... L'exemple des portières automobiles est instructif. C'est le premier bruit qu'un client potentiel entend en montant dans une voiture, il est donc particulièrement travaillé pour donner un son mat qui est perçu comme une marque de sécurité. Mais cette sécurité est-elle au rendez-vous ?

« En réalité, trop souvent on s'est borné à mousser la contre-porte de l'automobile pour empêcher la vibration des pièces de métal. Par contre, le choix réfléchi des mécanismes, de la serrure et du joint a pu garantir la sécurité d'un véhicule, mais là, ce n'était plus de la frime, mais un investissement délibéré. »<sup>98</sup>

Ici fait surface une question morale qui concerne tous les designers, car il est facile de faire « mentir » un bruit. Les bruiteurs de cinéma connaissent, depuis longtemps, des « trompe l'oreille ». Dans la construction automobile, l'électronique va permettre, dans peu de temps, des transformations possibles des bruits, à l'intérieur du véhicule :

« On imagine alors la chose suivante : on proposera au client une voiture standard, et à la première révision, il aura un entretien avec son « conseiller prestation » (qui n'existe pas pour le moment). Ce dernier analysera les satisfactions et les insatisfactions du client, et il reprogrammera le véhicule en fonction de ses désirs. On pourra alors tout à fait lui faire une voiture plus typée sport ou une voiture plus typée confort, j'en suis absolument convaincu parce qu'on pourra alors agir sur les paramètres de calibration moteur, de calibration des systèmes électroniques de filtration, etc. On pourra typer acoustiquement le véhicule. On pourrait déjà le faire sur la climatisation. Cette variabilité électronique ne sera pas un surcoût, contrairement à des systèmes mécaniques (volets qui s'ouvriraient sur le moteur, par exemple). Tout cela sera très possible, et peut-être dans pas si longtemps... »<sup>99</sup>

---

<sup>97</sup> Bénédicte Saint-Loubry, entretien du 3 mai 2002.

<sup>98</sup> Jean-François Bassereau, *Télérama* n° 2588, 28 août 1999, p. 6.

<sup>99</sup> Serge Lacaze, entretien du 4 avril 2002.

N'y a-t-il pas ici un risque de ce que Murray-Schafer appelait la *schizophonie* ?<sup>100</sup>  
Bénédicte Saint-Loubry reste circonspecte devant ces futures possibilités qui s'ouvrent :

« Si l'on n'a pas intégré notre histoire, sonore y comprise, on ne va pas avancer... Par rapport à ce que peut dire Serge Lacaze sur les possibilités de modifier électroniquement et à volonté les sons des futures voitures, je ne me prononce pas. J'attends... Un son, c'est fait pour être relié à une fonctionnalité, à quelque chose qui fonctionne. Et s'il n'y a rien derrière, si c'est seulement du virtuel, j'ai du mal à y croire. L'oreille est notre sens d'alerte, et s'il n'y a rien qui est corrélé à ça, il est très probable que ça va modifier complètement l'utilisation de notre ouïe : j'entends « quelque chose », mais en fait, ce n'est « rien ». Cela m'évoque une impression que j'ai, en écoutant de la musique électroacoustique, d'être en deux dimensions, qu'il n'y a rien derrière, le néant, ou comme un miroir... »<sup>101</sup>

Deux attitudes s'affrontent dans cette recherche d'identité sonore. La question primordiale à résoudre est la suivante : ou bien cette signature existe, ou bien elle n'existe pas. Si elle n'existe pas, alors Serge Lacaze a raison : créons-là, à la demande du client, avec toute la fantaisie et les moyens nouveaux que la technologie permet. En revanche, si elle existe, il faut être un peu plus prudent : il faut prendre le temps de regarder derrière pour simplement découvrir sa trace. Et c'est un problème, pour une entreprise industrielle, de regarder derrière, alors que toute sa survie, son développement et ses stratégies ne sont que prospectives tournées vers l'avenir. Pour un industriel, l'histoire a toujours un parfum suspect et est perçue comme un temps « inutile », non productif.

« Les entreprises françaises découvrent aujourd'hui qu'elles ont une histoire. Elles n'avaient jusqu'aux années 1970, dans leur très grande majorité, porté qu'une attention assez négligente à cette dimension de leur identité. Car l'activité d'entreprise apparaissait d'abord comme une incessante projection vers l'avenir, une rupture perpétuelle avec le passé, une négation permanente de l'histoire. Dans le même temps, le discours modernisateur tenu par les sociologues, les gestionnaires et les historiens eux-mêmes aboutissait à créer une image négative du passé des entreprises françaises, rendues responsables du 'retard français'. »<sup>102</sup>

---

<sup>100</sup> « La schizophonie est la séparation d'un son original de sa transmission ou de sa reproduction électroacoustique. » Murray-Schafer, *Le paysage sonore*, Paris, J-C Lattès, 1979, p. 133.

<sup>101</sup> Bénédicte Saint-Loubry, entretien du 3 mai 2002.

<sup>102</sup> Caron, François, « L'entreprise » in *Les lieux de mémoire*, sous la direction de Pierre Nora, vol 3, Paris, Gallimard, 1997, p. 3307.

L'entreprise Renault, dans ses rapports avec sa propre mémoire, n'a pas échappé à cette suspicion du passé. Le premier geste porté par Renault sur son patrimoine est, à notre connaissance, la création de « Patrimoine », en 1984, confiée à Jean Robert. Il s'agissait de conserver les savoir-faire et les techniques, pour restaurer et rassembler le plus grand nombre possible de véhicules Renault.<sup>103</sup> Ce service s'est appelé « Patrimoine et Innovation » à la fin de l'année 1991, puis « Histoire et collection » en 1997, année veille du centenaire. Il semble d'ailleurs que cet anniversaire a été comme un électrochoc pour l'entreprise : en devenant centenaire (en 1998), Renault pouvait, dans cette durée « record », regarder son passé avec fierté. Elle passait ainsi de « vieille » à « ancienne », *vieille* ne représentant qu'un défaut par rapport à la jeunesse, alors qu'*ancienne* apporte la plus-value de l'expérience et cette admiration particulière que l'on porte à ce qui perdure, envers et contre tout.

Mais ne serait-il pas urgent, sur le plan de la mémoire sonore, de constituer aussi cette collection ? D'autant qu'il semble qu'il y ait une réelle continuité sonore dans les véhicules Renault, donc une réelle identité sonore de ces véhicules :

« Il se trouve que j'ai participé aux tests de Bénédicte comme cobaye. Et dans le classement, les bruits qui étaient jugés sportifs (en intérieur), c'était ceux qui étaient le plus rudes, ou encore qui avaient de la rugosité ou de la rudesse. Ça m'a rappelé qu'à une époque plus ancienne, on aimait écouter cette rudesse, on faisait monter les régimes [il imite un bruit de chauffe rapide et aigu]. Il y avait un bruit, quoi ! Et on prenait du plaisir à conduire. C'était l'époque où Alfa Romeo avait sorti son Alfa Sud (1975 environ). Et j'ai retrouvé ce caractère rude dans les tests acoustiques. C'est très dynamique. Et pour retrouver cette rudesse de nos moteurs, il suffit d'enlever les pièces que nous y avons mis pour donner cette neutralité à nos voitures... »<sup>104</sup>

Il semble donc que, pour retrouver cette trace sonore identifiante, il suffise de « démaquiller » le bruit moteur. Ou bien faut-il continuer ce maquillage, avec un risque de perte définitif de ce qui reste de l'identité sonore ?

« Les gens du service acoustique de Serge Lacaze ont des armoires remplies de bandes anciennes et de disques, et jamais personne n'a entrepris de trier et de remettre à jour cette mémoire. Il n'est pas question de tout garder, mais qu'on ait au moins cette mémoire du son. »<sup>105</sup>

<sup>103</sup> Il faut préciser, à la décharge de l'entreprise, qu'une multitude de personnes depuis très longtemps déjà, souvent groupées en associations 1901, collectionnent, restaurent et se passionnent pour les anciennes Renault. Mais tout ceci, en marge de l'entreprise.

<sup>104</sup> Michel Brault, entretien du 24 mai 2002.

<sup>105</sup> Bénédicte Saint-Loubry, entretien du 3 mai 2002.



Le temps ne serait-il pas venu, pour Renault, d'aller fouiller ces armoires et d'en extraire la précieuse trace de la mémoire et de la signature acoustique ?

En forme de conclusion provisoire, nous invitons ici le lecteur à plonger dans quelques bruits anciens de moteurs Renault parmi les plus sportifs - nous n'avons choisi que des moteurs à quatre cylindres - afin de retrouver à la fois ce plaisir du son, et comme un air... de famille.

Renault 8 Gordini de 1966 (🎵) page 18 du CD en annexe 3.

Renault 4 CV de 1961, au milieu de trois Renault 8 Gordini (1966-1968) (🎵) page 19.

Renault Alpine 110 de 1970 (🎵) page 20.

Renault A 110 1300 de 1971 avec une R8 Gordini de 1968 (🎵) page 21.

Renault A 110 1600VB de 1970 (🎵) page 22.

Renault 11 Turbo de 1986 (🎵) page 23.

Renault 5 GT Turbo de 1989 (🎵) page 24.

Renault 5 Turbo-2 de 1985 (🎵) page 25.

Renault Clio AX 1991 (🎵) page 26.

Formules Renault, démarrage (🎵) page 27.

Formules Renault en course, 1991 (🎵) page 28.

## EN FORME DE CONCLUSION

Où en sommes-nous à la fin de cette étude ? Nous pensions, par l'écoute attentive des bruits moteurs, devenir un peu plus acteur du monde qui nous entoure afin de moins subir. Fort bien. Mais avons-nous vraiment découvert quelque chose, et si oui, quoi ?

Une limite nous est apparue dans notre travail pour ce qui concerne l'entreprise Renault : c'est la non-productivité de nos recherches, du point de vue de l'entreprise elle-même. Le temps qui nous a été consacré avec beaucoup de gentillesse par les différents acteurs que nous avons interrogés est perçu, par la direction, comme un temps gratuit, « perdu ». Nous retrouvons ici la problématique que nous soulevions

dans le dernier chapitre, à savoir la difficulté pour l'entreprise de regarder derrière, ses rapports délicats avec sa propre mémoire et son histoire.

Ceci dit, dans le monde automobile, nous avons bien rencontré l'association bruit/plaisir : nous ne pouvons plus considérer le bruit comme un simple déchet ou une simple nuisance. Les nombreuses analogies musicales que nous avons relevées restent des analogies, certes, mais il y a évidemment un plaisir d'ordre esthétique dans l'écoute du bruit des moteurs. Nous sommes-nous rapprochés de la musique ? Apparemment pas. Les bruits restent des bruits comme les pierres et les cailloux restent des pierres et des cailloux, s'imposant par leur « étant » de toute leur force, de toute leur masse, de toute leur matière. La grande différence d'avec les cailloux, c'est que, issus de la production industrielle de série, les bruits sont multiples, répétés à l'identique. Pour poursuivre la comparaison, nous sommes plus proches des parpaings et des briques que des cailloux. Mais si on ne construit pas avec des cailloux, on peut construire avec des briques et des parpaings. Que peut-on faire alors de ces bruits industriels ?

La première chose que nous suggérons, c'est de recueillir, d'archiver, de classer cette mémoire sonore industrielle. La mémoire n'est pas l'histoire, mais l'histoire ne peut se construire sans mémoire. Nous nous inscrivons ici dans une perspective sociologique de notre histoire industrielle et post-industrielle, mais en proposant le son comme complément de l'histoire. Cette mémoire sonore – ce patrimoine sonore industriel, comme nous l'appelons –, a le grand avantage de pouvoir se stocker facilement sur support numérique. A l'heure de l'Internet, il paraît évident que cette mémoire a sa place sur cet outil. Entendu l'énormité de la tâche, il serait utile de fédérer différents sites concernant la mémoire sonore industrielle, ce qui, par le Net, est très simple grâce aux liens immédiats que l'on peut créer pour passer d'un site à l'autre. Fédérer des sites, oui, mais encore faut-il qu'il y en ait... Or, à notre connaissance, il n'existe pas, pour le moment, de tels sites. Il faut donc en créer un, sans prétendre à l'exhaustivité, avec des entrées multiples, permettant d'écouter notre mémoire industrielle horizontalement (les bruits de telle ou telle année), ou verticalement (les bruits de Moulinex, de Renault, etc.), ou comparativement (les imprimantes de différentes marques en 1980). Ce mémorial sonore, ce travail muséologique est la première chose que nous pensons faire, sans autre but que de conserver les traces sonores d'un monde industriel en perpétuelle évolution.

Muséologique est sans doute un terme un peu fort. C'est plutôt l'image des cabinets de curiosités, au sens du XVIII<sup>e</sup> siècle, qui nous vient à l'esprit ; mais alors cabinets de curiosités sonores, qui pourraient avoir pour lieu le *Web*. Nous comptons aussi nous mettre en contact avec les designers sonores et les grandes entreprises pour étudier une collaboration possible.

En dehors de cette grande idée patrimoniale, nous désirons poursuivre une réflexion sur les couples « unique – multiple », ou « original – copie », autour de la question de la répétition dans l'art. L'enregistrement sonore est lourd de conséquences, par sa répétition possible, par sa multiplicité, par le décalage temporel qu'il opère avec une réception différée. Nous le pressentons nuisible pour la réception musicale, mais nous le pressentons aussi particulièrement utile et adapté dans l'entreprise de mémoire sonore industrielle vers laquelle nous avançons. Nous voudrions donc creuser cette question, qui a des implications philosophiques et esthétiques, et que nous pourrions formuler à peu près comme ceci : « Quelles sont les déformations de perception qu'opère la reproduction en général, et plus particulièrement dans la reproduction, l'enregistrement sonore ? » Les travaux de Walter Benjamin concernant l'œuvre d'art et sa reproductibilité seraient bien sûr un des points d'appui de notre réflexion.

Et s'il nous fallait rêver encore un peu plus loin, nous imaginons qu'un jour, autour de la mémoire sonore industrielle ainsi constituée, nous pourrions proposer un concours de création autour d'un ou plusieurs bruits industriels bien définis. Par exemple : créer, à partir des sons d'une 2 CV Citroën, une *sonographie*, pour reprendre cette belle expression de Mâche, pièce courte dans laquelle la base du matériau sonore proviendrait d'une 2 CV. Provoquer ainsi une poésie sonore à partir d'un bruit industriel identifié. Les bruits, ainsi, n'auraient plus à se cacher et les créateurs n'auraient plus à fuir leur forte identité, puisque celle-ci serait justement la base de ce jeu. Nous pourrions alors sortir de la problématique insoluble « d'intégration du bruit industriel à la musique » pour entrer dans celle, plus ouverte, de « comment, à partir d'un son bien identifié, extraire un geste poétique ? » Nous poursuivrions ainsi le rêve de Russolo.

## ANNEXES

### Annexe 1

#### Descriptif partiel du CD à usage interne de Renault

**Introduction :** « L'utilisation d'un langage commun, entre les différents intervenants tant au niveau de la qualité, de l'après vente, de la synthèse véhicule, qu'au niveau de la conception dans les bureaux d'études, dans les secteurs d'analyses et de définitions à partir de cahiers des charges, constitue un pas décisif suivant l'axe de MIEUX TRAVAILLER ENSEMBLE. »

**Bruits d'admission :** Le bruit d'admission provient du débit d'air aspiré à l'entrée du moteur. Ce débit est pulsé à la cadence de l'ouverture et fermeture des soupapes d'admission. On y retrouve donc les harmoniques 2 et 4 du moteur pour un quatre cylindres, et 1,5 3 4,5 et 6 pour un six cylindres (entre 20 Hz et 600 Hz). [...] On distingue deux sources : le bruit de bouche et le bruit rayonné. Le bruit de bouche se situe à l'entrée du filtre à air. [...] Le bruit rayonné par les conduits et le filtre à air peut aussi être perçu dans l'habitacle.

**Bruits aérodynamiques :** On distingue les bruits aérodynamiques liés à l'écoulement de l'air sur la structure du véhicule et les bruits parasites qui se déclenchent d'une façon intempestive mais qui n'en sont pas moins gênants (exemple : le sifflement d'une antenne ou d'un rétroviseur). [...] On note cependant deux types de spectres de bruits d'écoulement, soit un spectre continu comme dans la plupart des cas, soit un spectre présentant une réponse en fréquence bien caractéristique, comme le sifflement de rétroviseur ou d'antenne et le bruit de *corne de brume*. Le bruit de corne de brume apparaît à partir d'une certaine vitesse du véhicule.

Un *hullulement* se produit sous un vent latéral. Sa fréquence fluctue légèrement et correspond à la mise en résonance d'une cavité d'air (corps creux débouchant, feuillure du hayon). Les turbulences agissent aussi sur les ouvrants en les comprimant ou au contraire en les libérant, ce qui modifie la pression exercée sur les joints d'étanchéité créant ainsi des fuites d'air ou des discontinuités de l'isolation acoustique. Les étanchéités (joint principal : « tubing » voire « triple tubing », la double étanchéité voire triple étanchéité, le lécheur, la coulisse de vitre) sont des éléments étudiés avec soin sur le plan de leur isolation acoustique.

**Bruits d'alternateur :** Ils se répartissent entre sirènement et sifflement suivant la fréquence. On distingue : *le sifflement de courroie*, dans le cas où elle est crantée (festonnée) pour des problèmes de rayon de courbure. Ce crantage vient exciter les fréquences propres des poulies. Ce qui produit un sifflement lié à la vitesse de rotation du moteur.

*Le sirènement* généré par l'écoulement aérodynamique autour des pales du ventilateur ou des pôles du rotor et dont la fréquence évolue avec la vitesse de rotation et dépend du nombre de pales et de pôles.

Le *bruit magnétique* provient des vibrations générées par les forces électromagnétiques. Sa fréquence évolue également avec la vitesse de rotation de l'alternateur et le nombre de pôles.

**Bruits d'amortisseurs :** Le *gloglotement* apparaît en roulant à faible vitesse sur route un peu ondulée. On le perçoit comme un tapotement sur un petit tambour. C'est un bruit hydraulique. Il est lié à la loi effort vitesse de l'amortisseur qui présente des discontinuités. Ceci génère des chocs, qui par la fonction de transfert de la jambe de force, du train et de la structure prend cette coloration d'un bruit de tambour.

Le *coup de canon* se produit lors de la descente de trottoir d'une seule roue avant. Sous le poids du véhicule, les ressorts se compriment. Quand on quitte le trottoir, le ressort se détend et l'amortisseur arrive brutalement en butée. Ce choc provoque un bruit assimilable à un coup de canon.

Le *claquement d'amortisseur* apparaît à des vitesses faibles sur routes déformées ou pavées. On ressent des rafales de petits claquements secs faisant penser à des chocs métalliques.

Le *chuintement* est un bruit de large bande en fréquence (comme une chute d'eau). Ce sont les turbulences de l'huile au niveau des clapets de l'amortisseur qui produisent ce bruit.

Le *grésillement* apparaît dans les mêmes conditions que le claquement. La solution industrialisable a été la pose d'un joint torique pour éviter le contact de la tige sur le corps.

Le *bruit de ressort arrière* apparaît sur un obstacle comme sur une plaque d'égout à 40 km/h. On le ressent comme une rafale métallique. Ce bruit est dû à des chocs entre spires.

**Battement :** Le battement correspond à la superposition de deux composantes voisines en niveaux et en fréquences.

**Bourdonnement :** C'est un bruit sourd qui s'apparente au bruit du vol du bourdon. Il correspond à l'harmonique 2 de rotation du moteur. Il provient de la définition et du fonctionnement même des moteurs à explosion à 4 cylindres.

**Bruits de carrosserie :** On cherche à supprimer les grincements de planche de bord, sifflements de portières et autres bruits parasites qui par leur présence, voire leur omniprésence agacent le client et nuisent à l'image de finition et de qualité des véhicules. Le claquement des portières, par exemple, mat ou ouaté est synonyme de qualité à l'oreille du client, alors qu'un bruit métallique peu amorti ne l'est pas.

Le *crissement de lécheur de vitre* provient du frottement de la partie caoutchouc du lécheur sur la vitre.

Le *grincement à la descente de la vitre* a la même origine que le bruit précédent. On parle alors d'un phénomène de « Stip and Slik » comparable aux sons que l'on déclenche en frottant un doigt mouillé sur le rebord d'un verre.

Le *bruit lié au lâcher de poignée de virage* correspond au choc de cette poignée sur son support.

Le bruit se produisant pendant la manœuvre de *la rehausse de siège* correspond au bruit de moteur électrique, d'engrenage, et frottement.

Le *bruit de glissière de siège à commande électrique* est très proche du précédent.

Le *couinement d'arrêtoir de porte*, avant le claquement à la fermeture correspond à un bruit de frottement aigu.

Le *claquement de porte* revêt une certaine importance. C'est le premier contact auditif du client avec son véhicule. Il est possible de modifier le bruit de claquement de porte à la fermeture en amortissant les panneaux de tôle, en modifiant les gâches et les serrures, etc.

Le *bruit de gravillonnage* dans les passages de roue, correspond à la projection de gravillons sur les tôles plus ou moins amorties du passage de roue et des bas volets.

Le *claquement de commodo* en passant de la position code à la position plein phare.

Le bruit de fonctionnement d'un *dispositif de ventilation* à commande pneumatique comporte, un sirènement d'électropompe, un chuintement, et des bruits de claquement de volet.

### **Bruit de chaîne cinématique**

Le *bruit de batteuse* se produit en roulage à bas régime, entre 800 et 1200 tr/mn, et surtout sur les versions diesel. Les oscillations entraînent une résonance de chaîne cinématique entre les butées de l'étage point mort du moyeu amortisseur. Elles donnent naissance à des chocs dans la boîte de vitesse, ce qui produit un bruit de large bande.

Le *graillonnement* est un bruit de chocs multiples, engendrés au niveau de la boîte de vitesse (chocs denture, synchro, baladeur, etc.). Le graillonnement est un bruit métallique de large bande en fréquence. L'excitation provient des irrégularités cycliques du moteur. La vitesse instantanée du moteur n'est pas régulière et subit des variations lors de chaque explosion et à chaque mouvement de l'équipage mobile (bielle, piston, vilebrequin).

Le *bruit de mitrailleuse* provient de la saturation du pré amortisseur de l'embrayage, au point mort. Il est dû à une hystérésis (amortissement) trop faible de l'étage point mort. C'est le résultat de chocs violents entre le moyeu cannelé et le voile d'entraînement. Ce bruit est rayonné par les ouvertures du carter d'embrayage.

Le *bruit de point mort* apparaît embrayé et disparaît débrayé, ce qui permet de l'identifier. Comme pour le graillonnement, l'acyclisme moteur est plus ou moins bien filtré par le moyeu amortisseur. Il fait s'entrechoquer les éléments associés à l'arbre primaire de la boîte de vitesses qui tourne au point mort (synchro, baladeur, pignons fous).

Le *trash* correspond au graillonnement modulé par le premier mode de chaîne cinématique, de l'ordre de quelques Hertz. On le déclenche lors d'une inversion de couple ou en retenue dans une légère descente.

**Bruits de claquement diesel :** Les moteurs diesel se distinguent des moteurs à essence par leurs claquements surtout au ralenti et au démarrage à froid. Ils sont dus à la rapide montée de pression dans la chambre qui provoque un basculement du piston, entraînant des chocs violents du piston contre la chemise. Le bruit est ensuite rayonné par les différentes parois du moteur.

**Bruit de ventilation intérieure :** Il dépend de la vitesse de rotation du ventilateur, petite, moyenne, grande vitesse. Il comprend le bruit de ventilateur, les bruits d'écoulement et les bruits de jets en sortie d'aérateur (fréquences comprises entre 200 et 5000 Hz).

**Bruits de compresseur de climatisation :** ce bruit comporte le *ferrailage* et le *grognement*. On les met en évidence embrayant et débrayant successivement le compresseur. Le ferrailage provient des jeux internes du compresseur. C'est un bruit métallique compris entre 1500 et 1700 Hz.

Le *grognement* est un bruit de moyenne fréquence correspondant aux fréquences de rotation multipliées par le nombre de palette ou de pistons ainsi que des harmoniques. Le bruit a principalement pour origine les pressions pulsées dans le circuit de Fréon. Il se situe aux fréquences inférieures à 1000 Hz.

**Bruit de démarreur :** Il s'agit du sirènement du réducteur, du moteur électrique et de l'engrènement du pignon d'attaque sur la couronne de lancement du volant moteur.

**Bruit de dépassement par un autre véhicule :** Sa perception à l'intérieur d'un véhicule est directement liée à la transparence latérale du véhicule. Le bruit enregistré correspond à un dépassement. On perçoit l'effet Doppler, c'est-à-dire un changement de fréquence, élevée à l'approche de la source et plus basse avec l'éloignement de la source.

#### **Bruit de direction assistée**

Le *chuintement* est un bruit de large bande de fréquence prenant naissance dans la valve. Il s'apparente au bruit d'une fuite d'eau. On le met en évidence en tournant lentement le volant.

En dehors du *chuintement*, le bruit de direction assistée comporte également du *grognement* et du *sirènement*.

Le *grognement* de pompe de direction assistée s'entend en tournant le volant jusqu'à la position butée. Il est dû aux pulsations de la pression hydraulique. La fréquence fondamentale correspond à celle de la rotation de la pompe multipliée par son nombre de palettes. Le bruit a pour origine les vibrations transmises par le circuit jusqu'à la crémaillère. Il peut être rayonné par le support de pompe lui-même. La fréquence est inférieure à 500 Hz et suit le régime moteur.

Le *sirènement* de pompe est de fréquence plus élevée. Il est dû à la présence de jeux internes entre le rotor et les palettes qui provoquent des fuites. Ce *sirènement* comporte des harmoniques entre 1000 et 2000 Hz. Il est audible à l'extérieur du véhicule à l'arrêt.

Le *bruit de trompette* est un bruit de moyenne fréquence proche de celui d'un avertisseur sonore. Il apparaît lors d'un retour brutal depuis la position butée. Il est dû à la mise en résonance de la valve et de certains éléments du circuit, pendant un temps très bref.

**Bruits de distribution :** Ils couvrent une large bande de fréquence de 1000 à 4000 Hz avec des fréquences discrètes type sirènement. Ils sont particulièrement perceptibles à bas régime et au ralenti. Ce sont des bruits liés aux éléments de la distribution du moteur, pignon, chaîne. Ils sont rayonnés par les carters de distribution.

#### **Bruits d'échappement**

En premier lieu il y a le *bruit de bouche*. Il est dû aux pulsations liées à l'ouverture et la fermeture des soupapes. Les gaz pulsés se retrouvent à la sortie de l'échappement, c'est-à-dire à la bouche. A bas régime, ce bruit comporte des harmoniques d'ordre paires sur les moteurs 4 cylindres. A plus haut régime, la

vitesse des gaz dans les silencieux et les canules entraîne des turbulences. Le bruit devient chargé en hautes fréquences.

Le bruit de *ferrailage* peut avoir plusieurs origines. Il fait penser à des chocs entre les tôles et les parois de l'échappement.

Le *sifflement* en accélération provient de phénomène interne de l'échappement. La présence d'interstice entre les cloisons et l'enveloppe est génératrice de sifflement.

**Bruits d'essuie-vitre :** Ils correspondent aux bruits de moteur électrique, de réducteur, de balais et tringlerie. Ces bruits s'apparente à du *sirènement*, à du *couinement* lié au frottement, du *claquement* lié à l'inversion de sens, à du broutement sur la surface vitrée.

**Grésillement :** Il est le résultat de micro chocs entre pièces. Le caractère métallique, le passage par des résonances et l'arrivée subite du bruit sont autant de facteurs désagréables du grésillement. Il peut s'accompagner de fourmillement (vibrations d'origine moteur) ressenti sur le commandes (levier de vitesse, pédale d'accélérateur, etc.).

**Bruits de frein :** Les bruits de frein ont tous pour cause une instabilité vibratoire des systèmes garniture, disque, étrier, support, plus ou moins amplifiés par des résonances mécaniques des pièces avoisinantes. Ils se transmettent quasiment uniquement par voie aérienne.

Le *broutement* se déclenche principalement lors de freinage à haute et moyenne vitesse en décélération assez rapide. En plus du bruit, il se traduit par des vibrations au volant et à la pédale de frein. Les déformations des disques ou du tambour de frein provoquent ce phénomène.

Le *crissement* de frein est bien connu des citoyens. Ses fréquences se situent au-dessus de 2000 à 3000 Hz. C'est un bruit aigu. Il se produit en décélération jusqu'à une vitesse assez faible. Il provient de la mise en vibration des différentes pièces des freins à commencer par les disques.

Le *hululement* se caractérise par une fréquence fondamentale entre 300 et 400 Hz et plusieurs harmoniques. Il s'entend à faible vitesse de 0 à 10 km/h. Il est dû à l'instabilité des plaquettes qui transmettent des vibrations aux différents éléments du train qui peuvent entrer en résonance.

Le bruit de *mise en place des freins* avec ensuite le bruit de plateau. Ils concernent uniquement les freins arrière à tambour. La fréquence est inférieure à 2000 Hz. Les niveaux sont assez élevés.

Le *martèlement* de frein est un phénomène ressenti aussi bien en bruit qu'en vibration. Sa fréquence est inférieure à 500 Hz. Il est perçu dans l'habitacle comme un bourdonnement modulé par des fréquences multiples de la fréquence de rotation de la roue. Il apparaît au cours d'un freinage modéré à grande vitesse 120 km/h (sur une bretelle de sortie d'autoroute par exemple). Les instabilités de frottement entre la plaquette et le disque provoquent l'excitation vibratoire du train avant sur ses modes propres.

Le *bruit d'abrasion des freins arrière* est un bruit de large bande. Il se produit essentiellement lors d'un premier coup de frein après être resté immobilisé au frein à main à l'extérieur pendant une durée relativement longue et par un temps humide.

Le *chuintement* est un bruit de large bande en fréquence de 20 à 4000 Hz. Il s'apparente au bruit de direction assistée. Il apparaît lors d'une action sur la pédale de frein.



**Groâ-Groâ :** Le *groâ-groâ* (onomatopée) est un bruit de moyenne et haute fréquence (200 à 800 Hz) émis lors des phases de débrayage et d'embrayage, moteur tournant. Il est dû à l'excitation du tablier par le câble d'embrayage lors de son défilement dans la gaine. Ces efforts sont modulés par les vibrations du groupe motopropulseur. Le *groâ-groâ* apparaît le plus souvent sur les véhicules diesel. On peut également rencontrer du *groâ-groâ* de câble d'accélérateur.

**Bruit de groupe moto ventilé de refroidissement :** Il se compose du bruit de ventilation provoqué par la rotation de l'hélice en relation avec le nombre de pales, avec aussi des fréquences harmoniques (100 à 500 Hz). Il comporte aussi du bruit de souffle dû au débit et à la turbulence de l'écoulement d'air au travers du radiateur (20 à 5000 Hz), et du bruit solidien lié aux défauts d'équilibrage du GMV et des pales (0 à 100 Hz).

**Bruit d'un véhicule électrique :** Le bruit de roulage sur chaussée devient, en bruit intérieur, prépondérant sur les véhicules électriques. Ceci s'explique par l'absence de bruit mécanique lié à un moteur à explosion.

**Bruit de péniche :** Il est appelé ainsi par analogie au bruit caractéristique d'une péniche ou d'un monocylindre. Il se produit au ralenti et a pour origine les vibrations du vilebrequin sur moteur diesel couplées à la flexion du GMP.

**Percussion :** bruit sourd entendu lors du franchissement d'un obstacle du type « gendarme couché », le passage sur une plaque d'égout ou un léger « nid de poule ». L'excitation est du type choc au niveau des trains AV puis AR, qui excitent à leur tour la caisse à des fréquences de 20 à 1000 Hz.

**Pilonnement moteur :** bruit moteur répétitif, saccadé, assez sourd (200 à 300 Hz) dû aux harmoniques 2,5 3 et 3,5 sur un moteur 4 cylindres. Il trouve son origine dans un phénomène d'excitation analogue au bruit de péniche, mais dont l'énergie est due à un fonctionnement en pleine charge et à régime élevé soit 4500 tr/mn.

**Bruits de pneumatique :** ce sont les bruits rayonnés du fait du contact pneumatique sur la chaussée, que l'on peut entendre vitres ouvertes. Ils sont une composante importante du bruit émis à l'extérieur par une automobile. Ces bruits sont dus aux vibrations engendrées par le contact du pneumatique sur la chaussée qui se propagent dans la structure et les flancs du pneumatique, lesquels rayonnent. Les compressions localisées de l'air dans les sculptures constituent la principale source. En bruit intérieur, on distingue le *grondement* (moyenne fréquence) sur revêtement drainant ou lors de manœuvres, le *sifflement* (haute fréquence) et le *hululement* (haute fréquence) sur chaussée très lisse.

**Pompe à essence :** On distingue le bruit du moteur électrique, le *grondement* lié soit aux pulsations de pression sur certaines pompes, soit à des défauts d'équilibrage (fondamental de rotation de la pompe). Le *crachotement* est un phénomène de cavitation dans la pompe. Le *sirènement* est lié à l'engrènement des pignons de la pompe. Il est très chargé en harmoniques.

**Bruits de roulement :** Il y a d'une part les bruits rayonnés du fait du contact du pneumatique sur la chaussée, et d'autre part les bruits transmis par voie solidienne. Le bruit de roulement est en relation avec les types de revêtement de la chaussée. La gêne maximale est obtenue sur route gravillonnée. Dans ces conditions, le bruit augmente avec le carré de la vitesse du véhicule. Il est transmis principalement par voie solidienne jusqu' à l'habitacle. Les fréquences se situent entre 30 et 600 Hz. Le rayonnement du pneumatique se situe entre 200 et 1000 Hz.

**Le tambourinement** est un bruit à basse fréquence (20 à 60 Hz) s'accompagnant d'une sensation de surpression au niveau des oreilles des occupants du véhicule. On l'entend moteur coupé à 40-50 km/h sur une route déformée ou sur mauvais pavés.

**Rudesse moteur :** La *rudesse* moteur fait partie des bruits de charge liés à la ligne d'arbre moteur. La transmission de ces bruits se fait par voie solidienne et aérienne au travers de la structure du bas moteur. La *rudesse* est un bruit moteur qui apparaît à la mise en charge et en pleine charge. Elle se situe à des fréquences comprises entre 300 et 1000 Hz, et se caractérise par un timbre clair à des régimes bien précis. La *rudesse* est due aux résonances en flexion et torsion du vilebrequin excité par des harmoniques des forces d'explosion.

### **Bruits de boîte de vitesses**

C'est un son médium provoqué par les variations d'efforts liés à l'engrènement de dentures, générant des vibrations transmises à l'habitacle par voie aérienne et solidienne. La fréquence de sirènement correspond à la fréquence d'engrènement (fréquence de rotation du mignon multiplié par son nombre dents). On en distingue différents types comme par exemple : sirènement de boîte de vitesses, de pompe à huile, de pompe à essence, d'alternateur, du volant moteur.

Les *sirènements de boîte, pont, descente* sont des sons purs de moyenne et haute fréquence (de 30 à 8000 Hz), liés à l'engrènement des pignons. Le sirènement est lié à l'écart cinématique d'engrènement. La qualité de l'engrènement dépend de la définition de la géométrie de la denture, et de la qualité de fabrication des engrenages. Pour le sirènement de boîte de vitesse, la fréquence varie avec le régime moteur et elle dépend du rapport de boîte engagé. La fréquence du sirènement du pont ou de la descente est indépendante du rapport engagé, mais elle est en relation avec la vitesse du véhicule. Il existe des fréquences de sirènement dont la fréquence n'est pas directement en relation avec le nombre de dents des pignons considérés : on parle alors de « raies fantômes ». Ce phénomène est généré par les machines utilisées pour un certain processus de rectification des dentures après traitement thermique. Une super finition permet d'éliminer ces défauts de l'ordre du micron.

Sur une boîte automatique, il peut se produire un *miaulement* lors d'un changement de rapport de première à deuxième.

Il existe un second bruit particulier à cette boîte, le « scouic » (onomatopée), il se produit lors d'un changement de rapport.

### **Bruits de transmission**

Le *martèlement* se produit généralement à des vitesses supérieures à 100 km/h et en pleine charge. L'impression subjective est celle d'un roulage sur pavés car il s'accompagne de vibrations. Il est fortement diminué, voire supprimé en roue libre ou

en décélération. Les niveaux vibratoires aux porte-fusées suivant les harmoniques 3, 6 et 9 de tour de roue en sont la source.

Le *roucoulement* est appelé ainsi par analogie au chant de la tourterelle. C'est un bruit moyenne fréquence (250 à 400 Hz) provenant de l'excitation des transmissions par les vibrations moteur. La présence de jeux au niveau des guidages des sorties planétaires de la boîte de vitesse entraîne des phénomènes de saturation mécanique. Ceux-ci constituent un enrichissement en harmonique 2, 4 et 6 qui viennent exciter les modes de flexion des transmissions. Le signal est alors modulé par la fréquence du tour de roue (entre 5 et 15 Hz), sur une porteuse de 200 à 400 Hz.

La *modulation de transmission* correspond à un cas particulier du roucoulement. Elle est généralement assez forte en 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> vitesse.

### **Bruits de turbocompresseur**

Le *miaulement* est un son de moyenne fréquence (600 à 900 Hz) qui suit la rotation des bagues intermédiaires des paliers, amplifié par le mode conique du rotor et par les défauts de géométrie.

Le *sifflement* est un son à très haute fréquence (800 à 2500 Hz) lié au régime de rotation de la turbine (exemple : pour une rotation de 120 000 tr/mn la fréquence est de 2000 Hz). Il est dû principalement à des défauts d'équilibrage du rotor, et de dissymétrie de pales. Les carters turbo et leur environnement rayonnent ensuite, transmettant par voie aérienne le bruit dans l'habitacle. On a aussi l'exemple de transmission du bruit par voie solide par l'échappement.

**Bruits extérieurs :** Le bruit extérieur des véhicules fait l'objet de réglementations. Les constructeurs de véhicules sont amenés à maîtriser le bruit à la source. Actuellement [1996], le niveau de réglementation en application est de 74 dBA. La norme ISO 362 détermine les conditions de mesure du bruit extérieur des véhicules :

- piste dégagée avec un revêtement « étalon »
- sol sec, vent faible
- le microphone est placé à 1,20 m du sol et à une distance de 7,50 m de l'axe de passage du véhicule
- le véhicule est amené en stabilité à la vitesse correspondant à 50 km/h, puis le conducteur accélère au maximum 10 m avant le microphone.

L'analyse du bruit extérieur montre que les sources de bruit sont multiples et leurs spectres très riches en fréquences.

[Suivent des bruits synthétisés, une échelle de fréquences notamment, un bruit blanc, et l'on termine le CD par une séquence pour le moins curieuse...]

### **Bruits reconstitués**

Bruit à 120 km/h (6 séquences de 10 s) :

- 1 La première séquence comporte de la musique classique additionnée au bruit de roulement, au F2 et F4 [Harmoniques générées par le groupe moteur], au bruit d'air, au sirènement et au bruit sale.
- 2 La deuxième séquence égale la 1<sup>ère</sup> moins le bruit de roulement.
- 3 La troisième séquence égale la 2<sup>ème</sup> moins le F2 et F4.
- 4 La quatrième séquence égale la troisième moins le bruit d'air.
- 5 La cinquième séquence égale la 4<sup>ème</sup> moins le sirènement, reste le bruit sale et la musique.

6 La sixième séquence, présence uniquement de la Toccata de Bach. [En fait, il s'agit de la fugue qui suit la Toccata, BWV 565].

**Annexe 2**  
**Dossier de candidature de Renault**  
**Pour le DECIBEL D'OR 2001**

**Annexe 3**  
**Descriptif du CD joint à cette étude**

Plage 1 <i>Le moteur à explosion</i> chanté par « Chanson plus bifluorée ».....	3'00"
Plage 2 Citroën 2 CV, 1960.....	33"
Plage 3 Panhard PL 24, 1965.....	27"
Plage 4 Voiturette Renault à moteur de Dion, 1900.....	23"
Plage 5 Tricycles Lacroix-Delaville (1903) et Aché (1900), moteurs de Dion.....	28"
Plage 6 Renault, taxi dit « de la Marne », 1916.....	43"
Plage 7 Darmont, cyclecar de 1924.....	10"
Plage 8 Darmont, cyclecar de 1929.....	18"
Plage 9 Darmont, au ralenti.....	30"
Plage 10 Renault, Torpédo de 1911.....	40"
Plage 11 Renault Monaquatre de 1933.....	31"
Plage 12 Renault autobus à plate-forme TN-H4, 1965.....	26"
Plage 13 Renault Monasix de 1928.....	30"
Plage 14 Renault Nerva Grand Sport de 1938.....	22"
Plage 15 Renault 4 CV, 1949.....	34"
Plage 16 Renault 8 Gordini, 1965.....	18"
Plage 17 Renault Alpine A 110 1600S de 1973.....	37"
Plage 18 R8 Gordini de 1966.....	12"
Plage 19 Deux R8 Gordini (1966-1968), une 4 CV de 1961, une R8 Gordini.....	33"
Plage 20 Renault A 110 de 1970.....	36"
Plage 21 A 110 1300 de 1971, R8 Gordini de 1968.....	58"
Plage 22 A 110 1600 VB de 1970, R8 Gordini de 1967.....	28"

Plage 23 Renault 11 turbo de 1986.....	27''
Plage 24 Renault 5 GT turbo de 1989.....	23''
Plage 25 Renault 5 turbo-2 de 1985.....	34''
Plage 26 Renault Clio AX de 1991, en course.....	1'03''
Plage 27 Formule Renault (1991) au démarrage.....	35''
Plage 28 Formule Renault (1991), en course.....	12''
Plage 29 Imitation chantée d'un moteur à deux temps.....	43''

#### **Annexe 4**

#### **16 publicités automobiles ayant pour thème le silence**

#### **Annexe 5**

#### **4 publicités ayant pour thème la musique**

### **BIBLIOGRAPHIE**

#### **Livres :**

Cage, John, *Silence*, Paris, Denoël, 1970.

Caron, François, « L'entreprise » in *Les lieux de mémoires*, sous la direction de Pierre Nora, vol 3, Paris, Gallimard, 1997, p. 3307-3350.

Dubech, Lucien et d'Espezet Pierre, *Histoire de Paris*, Paris, Payot, 1926.

Fondin, Jean, *Hauts-de-Seine, berceau de l'automobile*, Paris, ETAI / La Colline de l'Automobile, 1992.

Guilleminault, Gilbert et Bernert, Philippe, *Les Princes des années folles*, Paris, Plon, 1970.

Lequin, Yves, « Le métier » in *Les lieux de mémoire*, sous la direction de Pierre Nora, vol. 3, Paris, Gallimard, 1997, p. 3351-3384.

Mâche, François-Bernard, *Musique au singulier*, Paris, Odile Jacob, 2001.

Murray-Schafer, *Le paysage sonore*, Paris, Jean-Claude Lattès, 1979.

Schaeffer, Pierre, *Solfège de l'objet sonore*, INA-GRM, 1967, réédité en 1998.

Séguéla, Jacques, *C'est gai, la pub*, Paris, Hoëbeke, 1990.

### **Revue ou journaux :**

*Acoustique & Techniques* n°5, juillet 1996, Paris, édité par le Centre d'Information et de Documentation sur le Bruit (CIDB).

*Acoustique & Technique* n° 6, avril 1996, Paris, CIDB.

*Action Auto Moto* n° 18, novembre 1995.

*L'Automobile Magazine*, n° 625, juillet 1998.

*L'Automobile Magazine*, n° 673, juin 2002.

*Auto-Rétro* n° 147, novembre 1992.

*L'Écho de Paris* du 26 juin 1903.

*Le Guide Musical*, 1904.

*Le Moniteur*, 19 mars 1993.

*L'Illustration* n° 4779, « Tourisme et Automobile », 6 octobre 1934.

*L'Illustration* n° 4883, « Automobile et Tourisme », 3 octobre 1936.

*Rétroviseur* n° 37, septembre 1991.

*Rétroviseur* n° 38, octobre 1991.

*Rétroviseur* n° 40, décembre 1991.

*Rétroviseur* n° 42, février 1992.

*Rétroviseur* n° 45, mai 1992.

*Rétroviseur* n° 46, juin 1992.

*Rétroviseur* n° 51, novembre 1992.

*Rétroviseur* n° 62, octobre 1993.

*Rétroviseur* n° 102, février 1997.

*Recherche & Développement* n° 7 « Cap sur le silence », magazine de Renault, novembre 1996.

*Recherche & Développement* n° 23, magazine de Renault, janvier 2002.

*Science et Vie* n° hors série de 1947, « L'automobile et la motocyclette ».

*Science et Vie* n° hors série de 1949-50, « L'automobile ».

*Télérama* n° 2588, 28 août 1999.

---

**Vianney Frain de la Gaulayrie**

**juillet 2002**