

Claude TARRIÈRE

Entretien réalisé avec Antoine Laville (15 mars 2002)

Enfin Claude Tarrière vint ! Comme Malherbe avait, dit on, changé la façon de faire la poésie, Claude a bouleversé la vision de l'ergonomie dans le petit monde de l'automobile.

Soucieux de confort, les techniciens que nous étions avions besoin de données précises pour installer des occupants dans une automobile. Pour cela, ils connaissaient les grands et les petits, les gros et les maigres. Claude Tarrière a amené une masse d'informations faisant découvrir la complexité des constitutions physiques humaines avec des longueurs de jambes, de bras, des hauteurs de bustes, pas forcément en rapport avec la taille. Ces données mises en distributions statistiques ont permis ensuite le choix des meilleurs compromis pour bâtir les postes de conduite et asseoir les occupants aux places avant et arrière. Compromis qui font ensuite l'image du constructeur.

Il a aussi amené le souci des champs de vision, des localisations de l'instrumentation afin de préserver la vigilance des conducteurs et réduire la fatigue. Les architectes véhicules, chargés de dessiner un habitacle autour des occupants, les concepteurs de sièges, de planches de bord, de postes de conduites, ont été des clients friands et de plus en plus exigeants de données statistiques de plus en plus précises.

Pour réaliser un mannequin d'essai de sièges, nous avons été jusqu'à lui demander de fournir les masses respectives des différentes parties du corps humain : tronc, tête, jambes en deux parties, bras également, et encore plus complexes l'élasticité et l'amortissement des différentes articulations. Grâce à son dynamisme et ses excellentes relations dans le milieu hospitalier, Claude arrivait toujours à amener des réponses, tout en précisant leurs limites.

Le résultat fut la réalisation d'un « mannequin » fait de masses reliées par des ressorts avec amortissement par friction, qui fut baptisé à l'époque par les techniciens « Gagarine », vedette du moment dans les années 60 .

Cela a permis de débiter des travaux sur les risques de couplages de résonances entre les battements de roues, les résonances de sièges, et les mouvements des masses corporelles qui rendaient certaines associations inconfortables. L'application de tous ces travaux fut intégrée dans la Renault 16, reconnue à l'époque comme une des meilleures voitures sur le plan du confort .

Notre collaboration étroite et notre respect mutuel devenus connivence se retrouveront dans nos travaux pour la protection des occupants en cas de chocs, mais ceci est une autre histoire. Merci Claude.

Philippe Ventre, Directeur Honoraire de l'Ingénierie Véhicule de Renault

AL : Peux-tu nous dire quelques éléments sur ton parcours, et ce qui t'a amené à t'intéresser aux problèmes de conditions de travail ?

CT : Je suis né en 1933 dans la Mayenne. Mon père était charron-forgeron. Il avait travaillé dans l'industrie automobile en région parisienne, chez Citroën, d'où il s'est fait renvoyer en 1926. De retour en Mayenne, il se met à son compte, comme carrossier, plutôt hippomobile, mais pas que, car je me souviens d'avoir passé des heures et des heures au volant de Donnet-Zedel et autres anciens modèles attendant l'intervention du carrossier. Souvenir par exemple d'une auto dont il devait transformer la caisse d'origine pour lui donner un arrière « à la canadienne », avec ses carreaux en bois à vernir, d'allure si caractéristique. De quoi vient

peut-être mon intérêt pour l'automobile de façon générale et pour la carrosserie en particulier. Dans cette ambiance de travail artisanal, j'avais beaucoup de plaisir à travailler avec mon père pendant les vacances.

On m'a envoyé comme interne au collège technique à la suite de mon frère, de six ans mon aîné. Après un CAP d'ajusteur, puis le brevet, j'ai réussi le concours d'entrée en seconde dans l'ENP (école nationale professionnelle) de Nantes, pour y préparer les Arts et Métiers.

Ce qui a été déterminant à la fois pour mon orientation mais aussi, plus tard, pour mon enracinement dans cette entreprise, c'est qu'en seconde, j'ai fait un stage ouvrier chez Renault où j'ai travaillé un mois dans les ateliers. Ce stage était organisé par les syndicats, la CGT en l'occurrence. À travers ces contacts syndicaux, je découvrais une réalité que j'ignorais dans ma campagne. De plus, les contacts avec mes collègues ouvriers se sont très bien passés au point que j'ai été tenté de ne pas reprendre d'études et de rester chez Renault. J'ai changé d'avis grâce à mon frère, qui était lui-même chez Renault comme ingénieur et syndicaliste et ... je suis retourné à Nantes. En terminale, j'ai rencontré Yvon Morin qui avait fait la même école. Comme moi, il militait dans le mouvement de la JEC. Il m'a convaincu de faire médecine comme lui, puis de retourner comme médecin dans l'industrie si je devais encore en avoir envie. Il m'a proposé de venir à l'équipe nationale de la JEC à Paris et d'y faire le travail d'animateur national de la branche technique, ce qui résolvait mon problème pécuniaire pour commencer médecine (j'ai été boursier de la classe de 6^{ème} du collège à la 6^{ème} année de médecine). J'ai donc attaqué le PCB avec l'idée de faire médecine du travail ensuite. Jusqu'au moment où, par mon frère, j'ai rencontré Alain Wisner. Ce dernier m'a raconté ce qu'il faisait et m'a conseillé d'essayer de faire de la recherche en ergonomie, et de le rejoindre à son Laboratoire de Physiologie. Il était chez Renault depuis 1954, et je commençais ma 5^e année de médecine en 56-57. À la suite de ces contacts, j'ai été embauché stagiaire à mi-temps chez Renault (et mi-temps à l'hôpital de Rueil où je faisais un stage d'interne en chirurgie), année pendant laquelle j'ai commencé à faire une étude de la fatigue nerveuse du conducteur à la demande de Fernand Picard, le directeur des études et recherches de l'époque. J'ai fait des travaux expérimentaux jusqu'en 1969 ou 70, consistant à étudier l'effet sur l'état de vigilance des conducteurs de facteurs aussi différents que fumer des cigarettes (oxyde de carbone et nicotine), subir un bruit de moteur monotone, ou entendre de la musique stimulante, ou des histoires drôles. Études pratiquées en conduite simulée en laboratoire. Chaque expérience durait 2 heures sur une route très monotone avec enregistrement en continu de paramètres physiologiques tels que l'électroencéphalogramme, les rythmes cardiaque et respiratoire, la résistance cutanée, et ... les erreurs de conduite. Ce fut ma recherche principale et l'objet de ma thèse de médecine (1^{er} prix des thèses de l'année et en conséquence, s'il vous plaît, lauréat de la faculté de médecine de Paris !). En 1960, j'ai été embauché chez Renault après 2 années de stage à plein temps.

AL : *Tu n'as pas fait de service militaire ?*

CT : Si, je l'ai fait pour l'essentiel au CERMA, laboratoire de l'armée de l'air, une certaine manière de recherche en ergonomie (!) : étudier l'effet du bruit sur des rats ayant des électrodes implantées au niveau cérébral. Le travail fait à l'armée sur l'animal était en relation avec les conclusions d'un travail bibliographique sur les effets du bruit sur l'homme que j'avais réalisé dans mes premiers six mois de service militaire alors que j'étais médecin de familles militaires d'une base de l'armée à la frontière allemande. En devenant père de mon 4^{ème} enfant pendant mon service, l'envoi en Algérie me fut épargné.

Ensuite tout s'est accéléré, Wisner, en 62, a décidé de quitter Renault pour faire de l'enseignement au Conservatoire National des Arts et Métiers. Il me fut proposé de lui succéder à la tête du Laboratoire de Physiologie à la Régie Renault. J'ai assuré cette succession de mon mieux. De 54 à 62, en 8 ans, Alain Wisner avait ouvert dans ce laboratoire

des pistes qu'il fallait développer, l'anthropométrie et son application à la conception des véhicules, l'étude de l'effet des vibrations sur l'homme en position assise, essentiellement sur la colonne vertébrale des conducteurs, et donc comment essayer de les protéger. Un autre champ était la sécurité routière. Par exemple, il avait demandé à un de ses collaborateurs de l'époque d'étudier une centaine de « Dauphine » accidentées, qu'on retrouvait dans les casses. Ce n'est pas de l'accidentologie comme nous allons l'organiser plus tard, puisqu'on n'étudiait alors que les voitures, mais c'était déjà une première approche, sur un petit échantillon, du comportement d'un modèle particulier de voiture dans les chocs, à travers ce qui en restait, c'est-à-dire les épaves.

AL : Wisner a été le premier à faire des études d'accidents automobiles ?

CT : Absolument, du moins pour la France, il a ouvert cette voie et a fait développer cet intérêt pour ce qu'on appelle maintenant la sécurité passive. Cette approche avait été aussi l'objet de travaux expérimentaux, toujours introduits par lui. C'était l'approche « choix des matériaux de protection » pour dissiper l'énergie, en particulier au niveau de la tête. Les premiers travaux, faits sur différents échantillons, montraient que la tôle, par exemple, à partir du moment où elle avait l'espace nécessaire pour se déformer, était un très bon matériau amortissant pour protéger le cerveau.

Il y eu aussi l'étude comparative des phares jaunes et phares blancs. L'étude démontrait qu'il n'y avait aucun effet de la couleur sur l'éblouissement, mais que c'était finalement l'intensité qui était déterminante. Et si le phare jaune pouvait se montrer moins éblouissant, ce n'était pas à cause de la couleur jaune et du filtre, mais parce que le filtre diminuait l'intensité du flux lumineux qui venait frapper la rétine du conducteur arrivant en face.

Il y avait donc des champs d'activité bien orientés vers ce qu'on appelle maintenant la « sécurité primaire » et qui consiste à aider le conducteur à ne pas être accidenté. Un autre exemple était l'étude de l'effet de la fatigue nerveuse du conducteur sur la conduite, thème de ma thèse, qui m'a poursuivi toute ma carrière professionnelle, puisque par la suite j'ai repris des études sur la vigilance et en particulier : comment prévenir l'endormissement au volant par la détection de signes précoces d'assoupissement. L'électronique à bord ouvrait des possibilités nouvelles de créer des dispositifs qui permettraient d'aider le conducteur si on arrivait à détecter à temps sa propension à s'assoupir ou à s'endormir. C'est une des recherches que j'avais fait ressortir comme prioritaire dans les années 70-80. Après mon départ en retraite ces études ont été poursuivies chez Renault, en coopération avec une équipe de Nissan.

AL : Quand tu reprends le laboratoire après Wisner, quels sont les rapports avec la direction de Renault ?

CT : Notre équipe identifiait les problèmes et faisait des propositions à la Direction. Certaines étaient acceptées, d'autres pas, en fonction du budget. Le laboratoire fonctionnait déjà ainsi avec Wisner. Il pouvait aussi y avoir des demandes externes quand, après avoir créé des outils en particulier dans le domaine de l'anthropométrie appliquée à la conception du véhicule, il y avait une demande d'intervention sur la conception du modèle dès le premier coup de crayon, car la posture du conducteur et des occupants est déterminée en fonction de la hauteur et de la longueur qu'on accorde à l'habitacle pour le nouveau projet.

En 1962-63, nous avons réussi à mettre au point un instrument de mesure de la fréquence cardiaque en téléométrie pour le recueil de l'électrocardiogramme à partir d'électrodes collées sur la poitrine. J'avais proposé cet outil à André Lucas, responsable de l'ergonomie dans les ateliers, qui était rattaché à la direction du personnel. Il a obtenu qu'on puisse l'utiliser ensemble pour l'étude de postes qui posaient des problèmes particuliers, soit des postes considérés comme très durs, dont il fallait quantifier la pénibilité et en identifier les éléments

les plus pénalisants, soit des postes qui étonnaient, par exemple avec des postures bras au-dessus de la tête comme c'était souvent le cas sur les chaînes de montage.

Cela m'intéressait particulièrement et j'ai vraiment tout fait pour développer cette participation à des études de postes, en 1963-64. Nous intervenions sous la responsabilité d'André Lucas, responsable des conditions de travail dans les ateliers mais avec une très grande autonomie. Nous organisons d'abord la rencontre avec les délégués syndicaux du secteur pour expliquer ce qu'on proposait de faire et les modalités, et ensuite réunir des ouvriers pour demander des volontaires. Il y avait une information systématique à la direction, aux syndicats, aux ouvriers impliqués et à la maîtrise de l'atelier avant, mais aussi après, avec l'explication de ce qu'on avait obtenu. C'était l'exigence que j'avais présentée lors de la présentation du projet au comité central d'entreprise. Pour présenter la méthode, quelqu'un avait été branché et on lui faisait faire un travail sur une bicyclette ergométrique. Quelqu'un me fit remarquer que, pour la première fois en cette instance, tout le monde se retrouvait du même côté de la table du conseil alors que le rituel veut qu'il y ait d'un côté la direction, de l'autre côté les syndicats. Tout le monde se retrouvait du même côté de la table pour voir les écrans, suivre l'évolution des courbes, et poser des questions. L'esprit de concertation prévalait ce jour là.

AL : *C'était donc en accord avec la direction ?*

CT : Bien sûr. Ce n'était pas concevable autrement. La direction s'était engagée à une grande transparence. Cette recherche s'est poursuivie jusqu'aux événements de mai 68, en gros jusqu'à notre déplacement à la Garenne-Colombes chez Peugeot. Représentant la moitié de l'activité du labo, ces études en atelier n'avaient plus leur place dans ce nouveau contexte d'un laboratoire devenu commun aux deux sociétés Peugeot et Renault. Les directions des études des deux constructeurs décidaient des recherches qui devaient être communes. Il fut en particulier décidé de développer le laboratoire dans le domaine de la sécurité routière.

On a pu développer des méthodes originales lors de ces études dans les ateliers. Par exemple, en introduisant dans l'atelier la bicyclette ergométrique afin d'avoir une référence spécifique à chaque ouvrier à son poste de travail : l'évolution de la courbe de fréquence cardiaque moyenne de l'ouvrier à son poste de travail, dans la même ambiance de bruit et de chaleur. Ces développements ont fait l'objet d'un certain nombre de publications et je pense qu'il y a eu un travail à la fois de développement méthodologique et de traitement des postes de travail où le niveau de charge était inacceptable, par une automatisation au moins partielle du poste, par exemple en évitant la manipulation des pièces très lourdes par l'ouvrier. On revenait voir les ouvriers pour faire le bilan. Et les résultats étaient largement diffusés de façon paritaire, comme cela avait été prévu au Comité Central d'entreprise évoqué plus haut.

AL : *Y avait-il des grands secteurs qui étaient prioritaires pour appliquer ce genre d'approche ?*

CT : C'était plutôt le travail de Lucas avec le service d'études des conditions de travail, les médecins et les chefs de départements de décider des priorités. On a commencé par des secteurs très particuliers comme les forges et les fonderies, avec des postes de travail étonnants du fait de l'énergie musculaire qu'il fallait développer, mais aussi du fait des conditions d'environnement, en particulier thermique. Ensuite, tous les grands secteurs ont fait l'objet d'études : usinage de pièces, montage de carrosserie avec notamment les problèmes de travaux en mauvaise posture. Ce travail chez Renault a continué quand nous avons cessé, étant repris par une nouvelle équipe. Un médecin avait été embauché pour diriger ce travail.

Je voudrais faire aussi mention de ce que nous avons entrepris la dernière année, par l'introduction de l'électroencéphalographie dans l'étude de postes, en pensant plus à la fatigue

nerveuse qu'à la fatigue musculaire. Je me suis intéressé à des postes particulièrement monotones, souvent tenus par des femmes, qui demandaient rapidement à être mutées. Cela étonnait la hiérarchie parce que c'était des postes faciles en apparence « puisqu'il n'y avait qu'à regarder », par exemple regarder défiler des pneus et s'assurer que c'était bien quatre pneus de la même caractéristique, ou cinq avec la roue de secours, qui allaient à gauche et puis les suivants avec d'autres caractéristiques devaient aller à droite. Oui, il fallait regarder ce déplacement pendant sept heures, huit heures de travail et ne pas faire d'erreurs. Astreignant ! La méthodologie appliquée découlait de notre travail antérieur. Nous avons remarqué qu'en conduite, y compris sur route (c'était encore plus facile sur simulateur), on observait une densité très importante d'ondes alpha, et qui allait en grandissant au fil du temps. Les rythmes alpha considérés comme des temps de repos, de récupération, que le cerveau s'accorde en certaines situations difficiles. Quelle ne fut pas notre surprise de constater l'absence totale de rythmes alpha pendant une séquence de travail de plusieurs heures. Avec ce critère-là, je cherchais à montrer qu'il était donc exigé de garder son niveau d'éveil au même niveau au fil des heures, que c'était impossible, ce qui expliquait les demandes continuelles de mutation de poste, complètement incompréhensibles pour l'encadrement. Il fallait rechercher des améliorations, soit pour que les signaux soient plus faciles à détecter, soit pour introduire des pauses fréquentes pour que l'activité devienne vivable.

Avant de terminer, je dirais que l'influence des mauvaises postures sur la charge de travail, sur la charge cardiovasculaire, était un des aspects méconnus par la direction des usines Renault et cet aspect a été réellement bien pris en compte dans l'organisation du travail.

AL : À partir de quand êtes vous arrivés à vous introduire dans la conception ?

CT : Quand Wisner était encore là, il y a eu des commencements au coup par coup. Parfois un peu trop tard, si les choses étaient déjà très engagées, pour essayer de corriger des problèmes. Après, c'est devenu systématique, dès la mise à l'étude d'un nouveau modèle. Je dirais que c'est dans les années 68-70, où Renault et Peugeot se sont constitués en association. Il s'est trouvé qu'avec cette association, un certain nombre de services communs ont été créés (par exemple la recherche, sur les boîtes automatiques et sur certaines motorisations). Parmi ces différents services communs, il y avait le Laboratoire de Physiologie et de Biomécanique. Il n'avait pas d'équivalent chez Peugeot. On a installé le laboratoire en 1969 à la Garenne-Colombes.

Il existe toujours en 2017, avec toujours à sa direction un médecin embauché par Renault. (Jean-Yves Le Coz après ma retraite en 1997 et actuellement avec Anne Guillaume venue du Centre d'essai en vol de Brétigny).

On a fait de l'ergonomie de la bicyclette pendant 4 à 5 ans, uniquement pour Renault (car il était possible de continuer à avoir des activités particulières, spécifiques) qui avait acheté Gitane et qui donc s'intéressait à la course avec Bernard Hinault.

Et comme les problèmes de physiologie appliquée à la voiture continuaient, on avait fait créer une chambre en sous-sol insonorisée pour pouvoir continuer à faire des études sur la vigilance, puis sur la prise de décision du conducteur. On a continué ainsi à la Garenne pour PSA et Renault pendant plusieurs années, avec des contrats passés avec l'administration française

AL : Tu étais employé par Renault ou par Peugeot ?

CT : J'ai toujours été salarié de Renault et c'était la même chose pour les autres collaborateurs. Curieusement, on était chez Peugeot, mais Peugeot n'y mettait pas de moyens humains et n'utilisaient que peu les résultats des recherches, du moins pas autant que Renault. Ce déséquilibre a été peu à peu corrigé, disons depuis ces dix ou quinze dernières années.

AL : *Quelle était ta politique de recrutement au laboratoire ?*

CT : Le laboratoire s'était déjà développé chez Renault avant de devenir commun. On avait pu faire des embauches (je pense à François Hartemann, psychologue, et à quelques techniciens), par rapport au petit noyau initial de 5 ou 6 personnes constitué par Wisner. En devenant commun, on a embauché des ingénieurs pour développer deux unités d'accidentologie et de biomécanique de l'impact.

En 70, on a mis en place l'étude détaillée des accidents avec une approche poly-disciplinaire en coopération avec les forces de police, les équipes de nos correspondants dans les hôpitaux et une équipe « constructeur » chargée d'aller analyser les véhicules après l'accident. Pour faire ce genre de travaux, il fallait de bons ingénieurs. Il y a eu chez Renault, à partir de 73, deux ingénieurs d'un très bon niveau qui ont travaillé avec nous pendant des années, ainsi que deux physiologistes et des techniciens. On est arrivé assez rapidement à 25 personnes. Et puis les travaux, les contrats se développant, il fallait encore d'autres moyens. À ce moment-là, j'ai eu l'autorisation de faire embaucher des ingénieurs en biomécanique. On a embauché jusqu'à 60 personnes en plus du noyau Renault et PSA.

À la différence des premières recherches faites avec des « Dauphine », nous obtenions une description complète de l'accident avec la voiture, les lieux et l'aspect médical. Systématiquement on réunissait les gens de la CRS, surtout la CRS n° 7 sur l'autoroute de l'Ouest, qui recevait de nous, tous les ans, une formation relative aux informations utiles à recueillir. On les avait dotés d'instruments, d'appareils photo, de fiches cartonnées à remplir définies par nous. L'étude correspondait donc réellement à nos besoins. Le développement s'est effectué avec l'hôpital de Garches, puis l'hôpital de Poissy et nous avons gagné vers la Normandie et les territoires drainés par 6 ou 7 hôpitaux. Cela représente un réseau avec une équipe qui s'est développée, dont l'action chaque jour était d'aller sur les accidents, prendre des photos des véhicules, des mesures, d'assurer la synthèse des recueils par le contact direct avec les forces de police et les hôpitaux.

AL : *Et interroger les accidentés ?*

CT : Non, pas avant 1990, car entre 1970 et 1990, nous nous intéressions uniquement aux conséquences de l'accident. L'ONSER, à la même époque, créait une équipe équivalente à Lyon. Nous avons continué à développer cette activité en proposant à l'ONSER de coopérer. Il y a eu un accord entre les constructeurs français et l'ONSER (et ensuite avec l'INRETS) pour échanger les résultats entre nous et essayer de faire un échantillon commun. Cet échantillon commun n'a jamais réellement vu le jour, parce qu'il y avait des problèmes pour mixer des dossiers constitués selon des méthodologies différentes. La coopération a fonctionné sous la forme de l'échange sur des questions précises et ce n'était déjà pas si mal ! Ce n'est qu'en 1990, dans le cadre d'un programme européen qu'une méthodologie commune a été adoptée.

AL : *Et quels étaient vos rapports avec l'ONSER ?*

CT : L'ONSER a été créé au début des années 60, donc après le laboratoire mis en place par Wisner chez Renault. À cette époque, je passais une demi-journée par semaine à l'ONSER à Montlhéry pour aider à créer un véhicule instrumenté pour étudier le conducteur en conduite réelle. Je faisais bénéficier l'équipe qui venait d'être créée de l'expérience que j'avais en électrophysiologie (électroencéphalographie, etc.) pour intégrer ces approches dans une voiture laboratoire. C'était dans les années 61-62, mais c'est après 70 que nos coopérations avec l'ONSER se sont vraiment développées.

En 90, j'ai proposé aux directions de Renault et Peugeot de nous intéresser aux causes des accidents, donc à la sécurité primaire. Il s'agissait de créer deux équipes qui allaient intervenir

24 heures sur 24, en se portant sur les lieux de l'accident pour y être en même temps que les forces de police et le SAMU. Il fallait avoir une équipe qui puisse intervenir à tout moment et composée d'au moins deux personnes pour l'analyse des véhicules et les interviews, et cela coûte cher. J'ai obtenu l'accord de Philippe Ventre, Directeur des Etudes à cette époque chez Renault, à condition de ne pas se contenter de nos données limitées en nombre (puisque l'on proposait de faire 100 cas par an), mais de réunir rapidement une banque qui atteigne 1000 ou 2000 sinistres. Cet objectif ne peut être atteint qu'en coopération avec d'autres équipes chez d'autres constructeurs et des équipes universitaires au niveau européen, en Hollande, en Allemagne, en Angleterre, en Italie, en Suède, en Finlande, etc., équipes avec lesquelles nous avons défini ensemble les mêmes outils de recueil et d'exploitation pour éviter les problèmes rencontrés 10 ans plus tôt avec l'équipe de Lyon. L'INRETS (nouveau nom de l'ONSER) était bien sûr partie prenante pour cette nouvelle étape.

Au moment de concevoir des véhicules, de se donner des ambitions plus importantes, les solutions envisagées doivent être hiérarchisées afin de permettre le meilleur choix ; il s'agit bien à coût équivalent de choisir la mesure susceptible de sauver le plus grand nombre de victimes, les coûts des progrès de la sécurité entrant dans le prix de la voiture. Les décideurs se réfèrent alors au fameux rapport « coût / efficacité » dit aussi « coût / avantage ». Pour l'établir il était indispensable de savoir évaluer le nombre de victimes susceptibles d'être évitées par la mesure de protection envisagée, tâche particulièrement difficile qui suppose d'excellents experts en accidentologie et des banques de données de très grande qualité. Dans l'entreprise l'accidentologie a toujours été jugée comme prioritaire, d'abord pour l'étude des causes des blessures avant de continuer après 1990 pour les causes des accidents.

AL : *Est-ce que ça a aidé à monter des expérimentations de chocs en laboratoire ?*

CT : En 1973, j'ai proposé à nos directions de créer une équipe de recherche en biomécanique pour définir ce que l'homme peut supporter en termes de tolérance aux décélérations. Avec le Pr Claude Got, anatomopathologiste et excellent chercheur, on a proposé que Renault se lance dans l'expérimentation avec des personnes faisant don de leur corps à la science. Nous voulions préparer ces sujets de façon particulière pour qu'on puisse donner du sens à leur implication dans des simulations d'accidents ou même des reconstructions d'accidents réels sélectionnés au regard de leur particulier intérêt pour l'avancée de nos connaissances. Un accident réel était dans un premier temps reconstruit avec mannequins, puis doublé avec des sujets humains décédés. Exercice très difficile car les véhicules impliqués doivent présenter les mêmes déformations pour l'accident provoqué que pour l'accident réel. Il fallait parfois répéter plusieurs fois les essais jusqu'à l'obtention de la similitude recherchée dans les déformations, donc dans la définition de la violence du choc à laquelle les victimes avaient été exposées. Cette approche était difficile et coûteuse mais elle était la seule à permettre la comparaison des blessures observées dans l'essai et dans l'accident réel.

Par crainte de l'effet négatif sur l'image de la marque en cas de découverte par les médias, la direction générale accepta nos propositions à la condition de réaliser ces essais de nuit, dans la plus grande confidentialité possible, avec une petite équipe formée uniquement de volontaires. Par prudence, Peugeot décida de ne pas être associé officiellement à ces recherches tout en partageant les coûts et les résultats.

La réalisation de ces travaux a reçu un accueil très favorable au niveau international, puisque tout fut présenté, publié, discuté, essentiellement aux États-Unis où il y a tous les ans une conférence qui réunit les spécialistes qui travaillent dans ce domaine de la biomécanique avec l'être humain. Il faut dire que les travaux ayant recours aux décédés étaient rares, sauf aux USA, mais il s'agissait de cadavres embaumés, comme c'est le cas dans les facultés de médecine pour l'apprentissage de l'anatomie avec la dissection. Et l'on comprend que les résultats ne pouvaient concerner que la tolérance osseuse des principaux éléments du

squelette, le crâne par exemple, mais en ce cas jamais le cerveau. Et notre approche était innovante et surprenante pour des laboratoires universitaires américains travaillant depuis des décennies sans imaginer qu'ils puissent faire autrement. De plus, et pour la première fois au monde, c'est un constructeur qui en avait eu l'initiative. Et nous avons réalisés des pas très significatifs dans l'acquisition de données essentielles et en particulier parce que nous avons développé un certain nombre de méthodes de préparation originales : rétablissement de la pression artérielle dans l'ensemble de la circulation, de façon que le cerveau, le foie, la rate, tous les organes internes (la pression intra-pulmonaire était aussi rétablie) retrouvent un poids, une consistance qui puisse simuler, du mieux possible, ce qui se passe pour un vivant impliqué dans cet accident. Nous avons développé, en plus de ces méthodes de préparation des sujets, des instrumentations et des méthodes de calculs pour exploiter les résultats.

Cette activité continue toujours. On s'est intéressé d'abord au thorax, puis au crâne et au cerveau. Par exemple, en cas de rupture des capillaires du cerveau, rupture même minime, on retrouvait la dissémination des pigments de carbone dans les tissus cérébraux au moins au microscope, si ce n'était pas visible à l'œil nu. Il s'agit des particules de carbone contenues dans le liquide utilisé pour restituer une pression artérielle normale dans le corps entier.

Nous avons aussi innové en développant des méthodes pour établir la caractérisation de la résistance osseuse des sujets impliqués dans nos expériences, ainsi que celle d'un échantillon de « sujets vivants » ce qui a permis d'interpréter tous les résultats en fonction de ce qu'était la minéralisation d'hommes en bonne santé du même âge.

Tous ces travaux, qui sont certainement aux marges des intérêts habituels de l'ergonomie, ont permis beaucoup de progrès dans la conception des systèmes de protection dans la voiture, parce que l'ingénieur, pour concevoir, a besoin de disposer d'un cahier des charges, et par exemple de connaître la force qu'un thorax peut supporter avant la survenue des premières fractures de côtes. Et c'est ainsi que Renault se retrouve le premier des constructeurs à introduire des limiteurs d'effort au niveau thoracique. Et ces dispositifs sont basés sur cette tolérance du thorax de l'être humain. On comprend bien que c'était, et que c'est toujours, et que cela restera essentiel pour la protection de tous les occupants, incluant celle des plus âgés dont la fragilité de la cage thoracique constitue la première cause de plus grande vulnérabilité. Et, dans une nouvelle étape, sur les résultats biomécaniques accumulés, est venue se greffer la modélisation avec des éléments finis de l'être humain. C'est en train de se développer considérablement et tout l'être humain fait l'objet de modèles biomécaniques qui permettent leur utilisation en tant qu'occupants d'une voiture, pour la simulation numérique de chocs de tous types. Et nous étions là encore à l'initiative en provoquant des réunions internationales dédiées, par exemple, à la modélisation du cerveau soumis à l'impact.

AL : *C'est à cette époque-là que se situe la naissance d'un laboratoire avec Leroy ?*

CT : Oui. Jean Leroy, ancien collègue du labo, a été soutenu par Alain Wisner pour créer un laboratoire des chocs de l'ONSER à Lyon dans les années 60. Avec Jean Leroy, nous avons travaillé ensemble en accidentologie, en biomécanique, dans des domaines où il y avait tellement besoin de coopérer. On a aussi monté des programmes avec quelques équipes étrangères.

Voilà mon parcours jusqu'au jour où le président Lévy m'a demandé de créer chez Renault un département qui ferait l'interface entre le laboratoire commun qui faisait de l'acquisition de données de base utiles pour tous (et bien sûr à commencer pour les deux constructeurs français qui finançaient les recherches) et leur traduction dans les produits Renault. On a créé un département dont j'ai été nommé directeur, qui a pris différents noms au fil des ans. Avec Mr Lévy, il s'appelait le « Département des Sciences de l'Environnement », avec la prise en compte des risques sanitaires liés aux émissions automobiles, par exemple, l'évaluation

comparée des effets biologiques des émissions diesel et des émissions essence sur différentes préparations biologiques. Il s'est ensuite appelé « Département Biomédical de l'Automobile », ce qui rendait mieux compte de la diversité des activités, de l'ergonomie, de l'accidentologie, de la biomécanique, ainsi que des études environnementales. Le labo commun des constructeurs changeait aussi de nom, devenant Laboratoire d'Accidentologie, de Biomécanique et d'étude du Comportement Humain, avec à sa tête le médecin Jean-Yves Le Coz, embauché en prévision de mon départ en retraite, après avoir accepté de faire l'effort d'une formation complémentaire de 2 ans à l'université technique de Compiègne.

Mon retour au statut d'activité dédiée à un 100% Renault n'était pas une première. Notre implication de l'anthropométrie appliquée à la conception du véhicule était telle chez Renault qu'en 1973-74, il avait été décidé que l'équipe qui faisait ce travail sous la responsabilité de Roger Rebiffé devait être rapatriée au Centre d'Etudes à Rueil-Malmaison, et du coup PSA créait une structure équivalente. Cette rupture a dû se traduire quand Peugeot a fusionné avec Citroën. Je suis resté chez Peugeot à La Garenne jusqu'en 1978 ou 79. J'ai continué d'avoir accès aux prototypes de Peugeot sur un certain nombre de problèmes, mais je ne m'occupais plus d'ergonomie pour PSA.

AL : Tu as alors cessé totalement tes contacts avec l'ergonomie ?

CT : L'équipe de Roger Rebiffé avait tellement de travail pour suivre l'ensemble des projets de prototypes en étude, qu'elle n'était pas disponible pour autre chose. J'ai donc continué de poursuivre un peu de recherches de type ergonomique, dans mon nouveau département. Par exemple, en accueillant le docteur Guyon, un collègue du Pr Got à Garches, qui s'était plus spécialement intéressé à l'étude de la colonne vertébrale de sujets soumis à des vibrations par la mesure des pressions à l'intérieur des disques vertébraux de sujets humains post mortem. À la fin des années 70, à Nanterre, là où est toujours le Laboratoire Renault-PSA, nous avons implanté une machine à vibrer, qui permettait de faire varier les amplitudes, les fréquences. C'était un grand projet de Wisner qui survivait en moi depuis qu'il nous avait quitté... On avait la possibilité de simuler le spectre vibratoire d'une voiture ou d'un tracteur agricole. N'était-ce pas un outil approprié pour une comparaison directe de différentes conceptions de sièges ou de postures assises et les évaluer en dynamique et en laboratoire ? Nous avons aussi développé une coopération continue avec le premier fabricant de sièges français, Bertrand Faure, avec deux ingénieurs détachés pour réaliser des études sur le confort des sièges d'automobiles.

Je voudrais aussi évoquer un des derniers domaines de recherche que nous avons développé avec succès. Il n'est pas loin de l'ergonomie et de la physiologie : c'est le comportement du conducteur impliqué dans des situations brutalement critiques. On instrumente les conducteurs avec une batterie de paramètres de type physiologique, mis au point par des experts du CNRS. L'idée est de quantifier l'état de panique et de voir en quoi cet état interne peut aussi influencer les résultats. On a pu, avec un échantillon d'une centaine de conducteurs tout venant, définir l'utilisation de l'ABS par « Monsieur et Madame tout le monde » et mettre en évidence que l'ABS n'est pas utilisé comme cela devrait l'être, c'est-à-dire non pas pour gagner en performance de freinage, mais pour pouvoir freiner à fond, sans risque de dérapage, tout en gardant la directivité du véhicule et donc éviter l'obstacle si le freinage n'y suffit pas. La grande majorité des conducteurs participants à ces essais ne pouvaient éviter l'obstacle surgissant devant eux à un carrefour.

Autre thème étudié : le comportement du véhicule en courbe quand on fait un lever de pied dans un virage. Cette approche a été introduite en 1992 et tous les ans un nouveau thème était abordé. Ces expérimentations étaient réalisées sur le réseau des pistes privées du Centre Technique d'Essai Renault d'Aubevoye dans l'Eure où les prototypes roulent 24 heures sur 24 dès qu'ils sont disponibles.

En 2001, j'apprenais qu'un symposium international était organisé avec 4 ou 5 équipes différentes ayant entrepris des études de l'influence du stress et de la panique sur le comportement dans des situations autres qu'en conduite automobile et en utilisant des paramètres physiologiques similaires à ceux utilisés par Renault pour son échantillon global comprenant près de 400 sujets-conducteurs. C'est un exemple de ces autres domaines dans lesquels nous avons innové et enrichi l'approche des problèmes chez Renault.

Je voudrais encore dire deux mots de la recherche qui m'a toujours passionné : la définition d'un système de détection de l'assoupissement au volant. Elle n'était pas tellement encouragée par mes patrons, tellement elle s'est éternisée. Quand je suis parti en 1997, il y avait quatre ingénieurs d'un très bon niveau sur ce problème, plus des techniciens, avec de l'expérimentation en conduite réelle sur route et autoroute et sur les pistes du centre d'essai d'Aubevoye cité plus haut. Le critère qui s'était alors imposé était la durée du clignement détecté par l'analyse des images des yeux recueillies par une mini-caméra intégrée à la planche de bord. Avec un banc d'essai particulier, celui des voitures en endurance qui font des centaines de kilomètres de jour et de nuit. Il faut faire en peu de temps ce qu'un véhicule va devoir faire ensuite en 6, 7, 8 ou 10 ans, c'est du vieillissement accéléré de jour et de nuit, sans arrêt. Nous avons proposé que les conducteurs qui font cette conduite monotone à risque soient utilisés comme cobayes. Ils tournaient, appareillés et instrumentés (EEG en continu). Cette étude a été faite à la demande du service médical.

AL : De ton point de vue, quels ont été tes rapports avec l'ergonomie ?

CT : Dans les dix premières années, je participais à tous les congrès d'ergonomie de langue française et quelques autres, parce que notre activité était vraiment une activité d'ergonomie. C'était bien sûr le cas pour nos suivis dans le développement des produits pour leur qualité en termes de confort et de sécurité. Ce l'était aussi pour l'évaluation de la pénibilité des postes de travail dans les usines et nos propositions pour leur aménagement. Et quand se sont développées l'accidentologie, la biomécanique, ou ces études particulières de sécurité primaire, les lieux pour présenter et discuter des travaux et rencontrer des experts ayant les mêmes activités n'étaient plus la société d'ergonomie. Il y avait bien une rencontre sur les chocs où on se retrouvait, peu nombreux, au moins Jean Leroy et ses collaborateurs, avec la Société de biomécanique de langue française. Donc, rapidement, j'ai eu la vision claire que je ne faisais pas de l'ergonomie au sens où on essaie de travailler sur le terrain pour améliorer immédiatement les conditions de travail, mais que c'était dans le domaine de la recherche appliquée à l'automobile.

Je voudrais donner un autre exemple d'intervention ergonomique : quand nous avons contribué à mettre au point ce qui a été la première cabine suspendue pour les tracteurs agricoles. Il n'y avait pas eu auparavant d'autre réalisation équivalente sur aucun tracteur agricole. C'était un gros programme, pour lequel j'avais réussi à faire embaucher un ingénieur de Centrale Paris. Nous avons eu des campagnes de mesures des vibrations au travail dans les champs, sur des tracteurs agricoles, pour voir comment on pouvait améliorer les sièges et leur suspension. Les recherches ont débouché sur un projet de cabine suspendue qui a été une très grande réussite. De Renault Agriculture nous sommes passés à Renault Trucks Lyon, à sa demande, pour faire le même travail pour un poids lourd de Renault (son haut de gamme de l'époque) à savoir une cabine suspendue en quatre points. Nous, les héritiers d'Alain Wisner, nous utilisons les mêmes outils pour l'enregistrement des accélérations « tête, thorax, bassin » qu'il avait créés à la fin des années 50. C'était une fierté d'assurer une telle continuité, car je crois me souvenir que Wisner avait déjà réalisé une tentative d'amélioration du siège d'un tracteur agricole. Ce fut passionnant de pratiquer cette ergonomie de conception, la meilleure qui soit.

AL : Tu as dit qu'un certain nombre de résultats de tes expériences auraient pu être intéressants pour la conception d'autres éléments, les wagons, les avions, etc. Cet éloignement est peut-être lié à l'évolution de l'ergonomie francophone ?

CT : Tu dis wagons et tu me remets en mémoire une autre page de notre activité écrite dans les années 1975-77. Notre direction des Etudes avait eu pour mission d'aider la SNCF (contrat SNCF-RNUR Régie Nationale des Usines Renault) à offrir à ses futurs clients de son TGV le standing de confort jusqu'alors réservé à l'automobile. Les sièges furent conçus par l'équipe de Roger Rebiffé et Jacques Guillien et notre intervention fut d'évaluer le confort des sièges prototypes sur les premières voitures TGV mises en circulation.

Revenons à ta dernière question sur le transfert des expériences de l'automobile à d'autres domaines. Cette étude des sièges du TGV est un bon exemple de telles possibilités. Eloignement de la SELF ? Il est sûr que, me concernant, quand je voyais le programme des Congrès de la SELF, je ne me trouvais pas directement intéressé. Peut-on s'intéresser à tout ? Quand on vit très engagé, passionné par les actions en cours, mais si peu disponible, il est sûr que le choix est vite fait. La SELF n'était plus pour moi, ni pour mes collègues. Et nos exigences de rencontres et de publications (jusqu'à une dizaine par an) étaient consacrées à d'autres lieux, d'autres organisations internationales, pour l'essentiel dédiées à l'accidentologie et à la biomécanique des chocs. Il me revient à l'esprit que très régulièrement une de nos publications annuelles aux USA était sélectionnée comme la meilleure de l'année. J'étais membre du conseil scientifique de la société dite *Stapp Car Crash Conférence* outre atlantique, la plus prestigieuse dans le domaine de la biomécanique des chocs. L'actuel responsable des études biomécaniques du LAB m'y a succédé. Et 10 ans après ma retraite, j'eus la surprise d'être invité à présenter la « *John-Paul Stapp Memorial Lecture* » dédiée à célébrer la mémoire du médecin Stapp, le très prestigieux fondateur américain de la biomécanique des chocs, à l'occasion de la 50^{ème} conférence qui porte son nom.

Il est temps de nous arrêter pour que cet interview ne tourne en d'autres épanchements !

(relu avril 2017)