

Rencontre avec Alain BERTHOZ (23 février 2000)

Nous inaugurons cette nouvelle rubrique « Rencontres avec l'ergonomie » du Bulletin de la SELF par un entretien avec Alain Berthoz qui est actuellement professeur au Collège de France et Directeur du Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action. Il a publié récemment un ouvrage intitulé « Le sens du mouvement » qui nous semble devoir quelque chose à sa rencontre passée avec l'ergonomie et constituer les bases d'une discussion avec lui, sur l'ergonomie aujourd'hui.

JT : Comment as-tu rencontré l'ergonomie, alors que dans les années 60 elle en était à ses débuts en France ? Nous te posons cette question, non parce que nous voulons te faire contribuer à une histoire de l'ergonomie, mais plutôt pour que l'ergonome, jeune ou moins jeune, qui te lira tire tout le bénéfice réflexif de la comparaison de sa propre histoire avec la tienne.

Alain Berthoz : J'étais à l'Ecole des Mines de Nancy et mon objectif, ce n'était pas de devenir ingénieur, c'était en réalité, aussi bizarre que cela puisse apparaître, de devenir médecin. Pour me rapprocher de cet objectif, j'ai donc fait des études de psychologie parallèlement à mes études d'ingénieur. En même temps, je m'intéressais au monde du travail. J'ai donc cherché à rentrer en contact avec des gens qui étudiaient le travail et j'ai rencontré Jacques Leplat chez qui j'ai fait un très court stage. Il faut dire que, dans le cadre de l'Ecole des Mines j'avais déjà fait des stages ouvriers. En effet, j'ai participé à une période extraordinaire de cette Ecole d'ingénieurs. Bertrand Schwartz, son directeur d'alors, avait fait la révolution dans les Grandes Ecoles, puisqu'il nous envoyait en stage dans les usines, comme ouvriers pendant 4 mois la première année, comme contremaîtres la deuxième année, comme ingénieurs la troisième année. Donc, en fait, mes mémoires pendant ces trois ans d'étude à l'Ecole n'ont pas été des mémoires scientifiques mais déjà des mémoires d'analyse du travail.

A la sortie des Mines, en 1963, j'ai contacté Jacques Leplat, pensant rentrer dans son laboratoire de psychologie du travail, qui n'était pas encore à l'EPHE. Mais l'approche psychologique ne me satisfaisait pas. Je voulais faire de la physiologie, étudier les bases physiologiques de la dégradation de la santé. Je suis donc entré dans le Laboratoire de Physiologie du Travail de Scherrer, dont Alain Wisner était alors le sous-directeur. C'était à l'époque de la création de l'ergonomie. Il y avait là A. Wisner, Jacques Monod, Simon Bouisset, Suzanne Pacaud. Ils m'ont fait entrer au CNRS sur un programme de recherche sur les effets des vibrations mécaniques chez l'Homme. J'ai mené ce programme pendant 10 ans et fait ainsi une thèse de biomécanique. Nous avons construit des dispositifs expérimentaux et fait des travaux sur le terrain, dans les usines, aussi bien en faisant des voyages clandestins sur les trains, pour voir les conditions de travail des conducteurs de trains, que dans le cadre de contrats de recherche, comme en 1973 à Usinor Dunkerque, avec Antoine Laville, François Guérin, Jean Foret et toi Jacques, pour étudier les conditions de travail de l'ébarbage au marteau piqueur.

Au Laboratoire de Physiologie du Travail de la rue Gay-Lussac, j'ai maintenu toujours une double vie, puisque je faisais des études d'ergonomie sur les effets des vibrations chez l'Homme, mais que, très vite, j'ai été intéressé par les bases neurales de l'oscillation du tronc à 4 Hz et voulu comprendre pourquoi le thorax oscillait à cette fréquence. J'ai donc monté des expériences, d'une part à la Salpêtrière avec des neurologues pour essayer de comprendre l'origine de ces tremblements, d'autre part rue Gay-Lussac sur des lapins ou des chats, grâce à l'immense ouverture d'esprit d'Alain Wisner, pour essayer de comprendre le fonctionnement des fuseaux neuro-musculaires (parce que j'avais l'idée que l'oscillation n'était peut-être pas un problème mécanique mais une oscillation centrale). J'ai fait alors une seconde thèse, de

neurosciences, sous la direction de P. Buser et de mes maîtres USA où je partis, C. Terzuolo et R. Llinas ;, pour essayer de comprendre les bases neurales de ces oscillations musculaires. Au fond, durant cette période, j'ai développé en parallèle un travail d'application et des recherches fondamentales sur les mécanismes des effets des vibrations chez l'Homme.

J.T. : Cette double vie, n'était-ce pas le grand écart ? Était-elle tenable longtemps ?

AB : En réalité, très vite, au bout d'un an ou deux, en ayant intégré la communauté internationale qui s'occupait des effets des vibrations sur l'Homme, je me suis aperçu qu'on pourrait éventuellement faire quelque chose sur les symptômes, par exemple concevoir des sièges d'engins de chantier un peu meilleurs, mais qu'on ne progresserait jamais en physiologie du travail si l'on ne comprenait pas les mécanismes en jeu. Ce n'était donc pas ce que tu appelles un grand écart, c'était naturel pour un scientifique de mener de front la description sur le terrain (l'éthiologie) des conditions dans lesquelles apparaissaient éventuellement des pathologies liées aux vibrations et d'essayer de comprendre où en était la physiologie. C'était d'autant plus important que je me suis aperçu très vite que la Médecine du Travail était en réalité une médecine complètement inféodée aux entreprises et que le travailleur qui était atteint d'une pathologie changeait complètement de statut une fois qu'il passait à l'hôpital. Dans l'hôpital, on soignait un malade sans s'intéresser à l'éthiologie. Dans l'usine, on ne s'y intéressait pas non plus. C'était donc bien notre rôle social de chercheurs en physiologie du travail et ergonomie de monter des recherches basées sur l'observation de la réalité mais qui devaient nécessairement être articulées avec des recherches fondamentales sur l'Homme qui n'étaient faites par personne, ni dans l'usine ni dans l'hôpital. Ce que je regrette aujourd'hui très vivement, c'est qu'à mon avis cette approche intégrée de la physiologie, du muscle jusqu'à la cognition – qui était aussi le projet de Scherrer, Wisner, Bouisset, Metz, donc des fondateurs de l'ergonomie, et à certains égards de Paillard - ait disparue.

J'ai essayé de développer cette approche intégrée et cela a marché pendant un temps : tout en restant dans le Laboratoire de Physiologie du Travail & d'Ergonomie de la rue Gay-Lussac et en continuant à entretenir des relations avec l'ergonomie, mon équipe a eu les meilleurs neurobiologistes internationaux. Il y a eu grand écart quand je me suis aperçu, à un moment donné, que les mondes étaient devenus complètement distincts, que je ne pouvais pas à la fois passer mes nuits à « enregistrer des neurones » et aller sur le terrain. A partir des années 74-75, j'ai dû choisir. Nous nous sommes alors retrouvés à quatre, Jean Foret, qui continuait à travailler sur les problèmes du sommeil dans une perspective relativement appliquée, Paolo Viviani, qui n'était pas intéressé par l'ergonomie et travaillait sur le mouvement, Dominique Rostolland qui continuait à travailler sur les problèmes d'acoustique, et moi qui menais des recherches de plus en plus fondamentales, plus quelques chercheurs plus jeunes.

En ce qui me concerne j'ai utilisé mon séjour aux USA pour apprendre la physiologie vestibulaire et la physiologie de l'oculomotricité, du contrôle de l'équilibre et j'ai créé un labo où l'on étudiait ces problèmes depuis leurs bases neurales jusqu'aux aspects cognitifs. Cette approche multiniveau, et multisensorielle était très nouvelle pour l'époque ou tout était cloisonné.

Pour approfondir un mécanisme, on doit opérer une réduction, s'éloigner de la complexité. Les détours pour comprendre un mécanisme peuvent prendre 20 ans, 30 ans. Par exemple, ma décision d'aller examiner les bases neurales des mécanismes du regard, du mouvement des yeux, m'a éloigné totalement mais non définitivement du monde de l'application. Nos contrats avec l'industrie portent toujours sur des questions très en amont de la réalité industrielle. Par exemple, la NASA m'a demandé d'étudier le mal de l'espace et j'ai toujours refusé parce que c'est un syndrome très complexe, multi-factoriel et que je savais que je ne pourrai pas donner de recettes. A terme, les recherches faites dans le laboratoire sur les conflits sensoriels, les

interactions visio-vestibulaires, la neuro-biologie du système vestibulaire et la physiologie de l'adaptation, vont conduire à une explication du syndrome qui sera peut-être intéressante.

J.T. : Du temps de la rue Gay-Lussac, tu menais un jeu entre poser des bonnes questions à partir des réalités complexes, opérer les réductions nécessaires, les étudier et revenir, plus ou moins vite, selon les détours nécessaires, sur le complexe. Est-ce que, depuis ton éloignement de la complexité, il y a toujours quelque chose qui vient de la complexité des situations et quelque chose qui y retourne ?

AB : Quand nous avons créé un laboratoire propre du CNRS, nous avons marqué la rupture puisque nous l'avons appelé « Laboratoire de Physiologie Neuro-sensorielle ». Nous n'avons aucun projet de type ergonomique, mais nous avons encore des projets qu'on pourrait appeler de physiologie du travail, puisqu'il y avait le projet de Foret sur le sommeil et le projet de Rostolland sur l'acoustique, les projets que j'avais sur l'équilibration, le maintien de l'équilibre, les effets des accélérations. Nous avons donc encore des projets qui correspondaient à ce que tu dis, qui étaient destinés à faire retourner vers la médecine du travail un certain nombre de résultats de recherches et réciproquement d'aller éventuellement s'alimenter dans la réalité pour formuler de nouvelles questions, etc.. C'était dans notre projet. Cette attitude reste la notre puisque nous avons toujours eu ici, et encore maintenant, à la fois des recherches fondamentales complètement coupées de toute application, et des programmes de recherche construits en collaboration avec des industriels.

Toutefois nous n'avons jamais engagé ici de coopérations avec les industriels et avec les organismes de recherche qui porteraient sur des situations complexes. Nous avons effectivement réduit nos interfaces sur des problèmes très ponctuels et très réduits qui concernent la perception, le mouvement, etc.. Par exemple, nous avons avec la société ESSILOR depuis 10 ans une coopération sur les problèmes de la vision. Par exemple, nous avons avec Renault depuis 2 ans une coopération sur le problème de la construction d'un simulateur de conduite intégrant la « réalité virtuelle » et une plate-forme mobile. Cette dernière coopération fait partie d'un projet EUREKA dans lequel sont engagés six industriels de divers pays. Nous sommes les physiologistes de ce projet. Nous faisons du conseil pendant le projet sur les grands problèmes de perception et nous allons faire la validation en fin de course. Mais tout cela est très loin de la réalité des ateliers.

FJ : Sur ce problème de conception de simulateur, ne retrouve-t-on pas le problème de la multi-factorialité que justement vous voulez réduire ?

AB : Oui, bien sûr. De toute façon, toute étude du cerveau est multi-factorielle, se trouve face à de la complexité, comme vous l'êtes lorsque vous allez dans une usine. Chacun a ses outils d'analyse. On choisit ses outils pour traiter de la complexité à un certain niveau et, éventuellement, pour le reste, on coopère avec d'autres. Notre laboratoire est exceptionnel, car on y étudie le système nerveux depuis le niveau de la cellule – pas de la biologie cellulaire mais de l'électrophysiologie du neurone – jusqu'à des études dans l'industrie. Mais nous avons fixé nos limites : nous ne faisons pas de biologie moléculaire ; nous ne faisons pas de génétique, pas de biologie cellulaire ; en mathématiques nous faisons de la modélisation, mais nous n'avons pas dans le laboratoire des gens qui font des thèses de mathématiques. Du côté du monde du travail et de l'ergonomie, nous restons en quelque sorte des consultants, nous n'allons pas sur le terrain regarder la réalité et travailler avec des ergonomes.

F.J. : Vous n'entretenez pas de relations avec d'autres centres de recherche qui pourraient jouer un rôle d'interface, être en deuxième ligne relativement à un centre de recherche en ergonomie qui chercherait à prendre le problème globalement ?

AB : C'est pour moi la question centrale de l'ergonomie en France. Bien sûr, nous avons gardé des contacts, mais avec les organismes qui avaient envie d'en avoir avec nous. Nous avons mené des recherches en commun, durant de longues années, avec l'Institut de Recherche sur les Transports et l'ONSER qui s'intéressaient à la conduite automobile. C'est au fond ce qu'on a fait aussi avec le centre de recherches d'ESSILOR et avec le CNET à Lannion. Mais nous sommes restés dans notre fonction, c'est-à-dire que, lorsqu'ils avaient une « manip » qu'ils ne savaient pas faire et dans laquelle nous pouvions, nous, étudier une question scientifique, nous faisons cette « manip », chez nous ou chez eux. Le problème est que cette collaboration avec les grands organismes de ce genre n'est pas assez courante. Avec l'INRS, nous n'avons jamais assez travaillé, avec l'Institut Bioclimatique de Strasbourg il s'est fait peu de choses.

Et pourtant nous avons souvent des lignes de recherche qui pourraient beaucoup intéresser les industriels. Par exemple, les problèmes robotiques de manipulation, de retour d'effort, sont des problèmes majeurs, et je cherche depuis maintenant quatre ans une coopération avec les départements concernés du CEA, de grandes entreprises, des aviateurs etc. et des médecins intéressés par la rééducation fonctionnelle. Mais c'est difficile. Autrement dit, je suis de l'autre côté de la barrière et j'ai beaucoup de mal à établir ces coopérations. Mais, de temps en temps, comme avec Renault, cela marche.

Autre exemple : actuellement, nous avons une coopération avec EDF qui est passionnante sur des problèmes de formation du personnel par la réalité virtuelle, d'une part à des visites de lieux nucléaires où il est difficile d'aller, d'autre part au travail sur les poteaux électriques. Ils rencontrent des difficultés sur des problèmes de référentiel, de présentation d'images. Mais nous avons pour métier de relier ces problèmes avec des questions fondamentales que je pose actuellement : qui concernent la façon dont le cerveau se représente l'espace ?

Je pense que les ergonomistes ne peuvent pas travailler en même temps en amont sur des questions fondamentales (ce ne sont pas les mêmes journaux, les mêmes constantes de temps, les mêmes étudiants, les mêmes contraintes), mais qu'il y a de nombreuses possibilités d'interfaces possibles sinon réalisées. Il y a une réflexion nationale à développer en France concernant cette interface.

J.T. : Notre dernière question est : Qu'as-tu appris loin de l'ergonomie – mais, comme on l'a vu, pas si loin que cela – et qui d'après toi concerne directement l'ergonomie, la conception de l'homme au travail, la façon d'étudier ce dernier et d'améliorer sa situation ?

AB : A mon avis, les découvertes récentes des sciences du cerveau provoquent une révolution complète de la vision de l'homme au travail. Celle-ci devrait intéresser les personnes qui travaillent en ergonomie. Il y a, depuis une dizaine d'années, une évolution dans la façon dont on voit le fonctionnement du cerveau de l'homme. C'est cela que j'ai abordé modestement et en partie seulement dans mon livre « Le sens du mouvement ». J'y raconte d'une certaine manière mon parcours. Cette révolution est la suivante : on est passé d'une physiologie de la réaction - une réflexologie – à une physiologie de l'action, c'est-à-dire qu'on est passé d'une physiologie dans laquelle on donne des stimuli pour étudier des réponses à une physiologie dans laquelle on étudie l'action produite de façon endogène par un animal ou un homme en fonction d'un but. Cela a été rendu possible par des efforts méthodologiques. Pendant 50 ans, on a travaillé sur des animaux anesthésiés en leur envoyant des stimulations et en enregistrant des réflexes. On est passé d'une réflexologie à une physiologie de l'anticipation, du projet, de l'action, dans laquelle l'action et la perception sont indissociables, dans laquelle il n'y a pas de perception sans action. Autrement dit, le cerveau n'est pas un transformateur d'informations sensorielles passives en reconstructions d'objets du monde. Le cerveau pré-spécifie les objets qu'il veut analyser, construit le monde à partir de ses hypothèses. Ces mots recouvrent dans la neuro-physiologie et la psychologie expérimentale et cognitive modernes une réalité biologique.

On est en train de vivre aussi une autre révolution, c'est la « réincarnation » de la cognition, c'est-à-dire le fait sur lequel j'insiste dans mon livre et sur lequel insiste aussi Varela avec une approche très différente et d'autres. On sort d'une époque où il y avait d'un côté l'énergétique musculaire, l'homme comme machine, de l'autre une étude de la cognition qui était très formelle. La conception que l'on avait de la cognition était très formelle, avec un fondement logique comme en mathématiques les théories de Hilbert et des mathématiciens formalistes, dominaient sur celles de Poincaré et des intuitionnistes, qui avaient basé les mathématiques sur le corps, l'intuition. Les émotions étaient complètement dissociées de l'intelligence, alors que toute la physiologie que nous faisons maintenant incarne la décision. Toutes les théories sur la prise de décision seront sans doute à revoir à partir du fonctionnement réel du système nerveux qui intègre les émotions, car les modèles actuels sont des modèles très formels basés sur la logique. On n'en est qu'au début.

JT : Moi aussi, j'ai appris cela, mais en ergonomie !

AB : Mais ce n'est pas toi qui es interviewé (rires ! !)

AB Pour accompagner ces changements d'idées nous avons dû développer de nouvelles approches. Nous sommes actuellement en train d'étudier de nouveaux paradigmes. Chez l'animal, on travaille avec des animaux qui courent. On étudie la mémoire chez des rats qui courent d'un « bistrot » à l'autre. Nous savons que les neurones dans le cortex visuel ont des activités complètement différentes selon la tâche à laquelle se consacre l'animal. La réflexion qui est en train de se produire dans le domaine des neurosciences devrait rejoindre les réflexions des ergonomistes. Je pense que ce lien n'est pas fait et c'est dommage. Il faut biologiser les modèles de l'ergonomie dans la mesure où les biologistes avancent un peu.

JT : **On pourrait tout aussi bien dire qu'il faut socialiser les modèles de l'ergonomie, les culturaliser, dans la mesure où les sociologues et anthropologues, dans l'approche des complexités situationnelles, sociales et culturelles, avancent aussi !**

AB : Oui, effectivement, mais cela n'est pas ce que j'ai appris, c'est ce que je pense qu'il faut qu'on fasse. On fait des progrès actuellement sur les mécanismes de la perception, de l'action, de l'émotion chez l'individu isolé. L'étape d'après va être de construire une physiologie, des neurosciences, une psychologie expérimentale des interactions. Les connaissances qui sont actuellement accumulées par les physiologistes concernent un singe tout seul, un rat tout seul, un chat tout seul, un homme tout seul et c'est déjà difficile. On commence à voir des études transdisciplinaires sur les relations, par exemple sur le regard de l'autre, sur les neurones qui ne codent pas seulement ce que je fais quand j'attrape un objet mais également ce que fait l'expérimentateur (les neurones miroirs dont je parle dans mon livre). Cela veut dire que le cerveau code les actions. On va ainsi commencer à comprendre certains des mécanismes neuronaux des interactions. Il y a là une physiologie nouvelle qui va se développer. Cela ne va prendre que 250 ans, on n'est pas pressé. C'est ce qu'on va essayer de promouvoir avec le nouveau Programme Cognitif dans lequel des ergonomes devraient s'impliquer. On va chercher à ce que certaines dimensions sociales, anthropologiques, soient prises en compte par les neuro-scientifiques.

Propos recueillis par Jacques Theureau & François Jeffroy

[Insertion 4^{ème} de couverture du livre Le sens du mouvement]

{R29} THEUREAU J. (2000) Rencontre avec Alain Berthoz, Bulletin de liaison de la SELF, 117 : 14-19.