

Repère thématique¹ : Aéronautique

Au fil des entretiens

Plus d'une centaine d'entretiens ont été réalisés auprès de celles et ceux qui ont contribué à développer et enrichir l'ergonomie francophone. Ce sont des récits de vie recueillis auprès de professionnels du monde du travail (ergonomes, psychologues du travail, physiologistes, médecins du travail, ...) en retraite ou proches de l'âge de la retraite ou ayant définitivement quitté le domaine de l'ergonomie. La commission « Histoire » de la SELF continue à enrichir régulièrement ce fond documentaire mais souhaite le valoriser en facilitant l'accès aux différents publics intéressés (professionnels, étudiants, formateurs, historiens, ...).

Pour cela, les membres de la commission rédigent et mettent en place des « index » portant sur des thèmes particuliers (influence de l'informatique sur l'ergonomie, syndicats, ergonomie hospitalière, ...). Ces index se présentent sous la forme de textes de présentation, enrichis de verbatim extraits des entretiens.

Cependant, basés sur des entretiens présentant les défauts et limites intrinsèques de la méthode d'entretien ouvert : lacunes du récit ou de datation des faits, subjectivité, etc., ils n'ont, en aucun cas, vocation à se substituer aux ouvrages et publications savants (manuels, encyclopédies, dictionnaires, articles scientifiques traitant de l'ergonomie).

Aéronautique

L'aéronautique – l'aviation plus particulièrement – est un sujet d'études et d'interventions ergonomiques, pouvant se décliner en plusieurs sous-thèmes : analyse du travail des pilotes (civils ou militaires) et des contrôleurs aériens, contribution à la conception de postes de pilotage d'aéronefs, analyses d'accidents, construction et maintenance d'appareils, parachutisme, physiologie spatiale. Paule Rey évoque un point d'Histoire de l'ergonomie américaine durant la seconde guerre mondiale :

« C'est à Harvard que j'ai entendu parler pour la première fois des relations homme-travail, à travers les problèmes de pilotage d'avion, en suivant les cours du Professeur Mac Farland. C'était un médecin du travail qui avait pratiqué, pendant la guerre, dans l'armée de l'air. ... Il évoquait la difficile adaptation des recrues aux dimensions des cockpits ou aux "conditions extrêmes", en particulier la raréfaction de l'air dont il avait lui-même étudié les effets. Il s'agissait de ce qu'on appelait alors "l'Human Engineering". Le terme "Ergonomics" apparaîtra beaucoup plus tard en Europe. Le concept selon lequel il faut s'attaquer au poste de travail plutôt que de sélectionner l'opérateur capable de l'occuper est donc ancien. »

¹ Cet article est une publication de la Commission Histoire de la Société d'Ergonomie de Langue française. Tout usage, citation ou publication de l'intégralité du texte ou d'un extrait doit porter la référence : Repère thématique : « Aéronautique » . Commission histoire de la SELF – 10/2023. <https://ergonomie-self.org/wp-content/uploads/2023/10/rt-aronautique-1023.pdf>

– Contrôle aérien

Dès le début des années 60, le contrôle aérien est devenu, d'abord aux États-Unis, puis en Europe, un « terrain ergonomique » portant sur l'informatisation des outils des contrôleurs, les impacts sur leur charge de travail et leur formation. Annie Weill-Fassina, alors au CERP, évoque le début des interventions ergonomiques dans ce domaine, en France :

« L'année 1962 [au CERP] fut marquée par l'arrivée d'André Bisseret qui, principalement avec Claude Enard puis Jean-Claude Sperandio assurera la réalisation d'un contrat en lien avec l'informatisation du contrôle de la navigation aérienne. Jacques Leplat² avait négocié ce contrat très ouvert quant aux objectifs, centré sur la formation des contrôleurs et l'ergonomie des équipements (...) L'informatique commençait à s'implanter et l'on s'interrogeait sur ce qu'elle pouvait apporter à la fois en capacité de contrôle et en sûreté. »

À la suite de Leplat, Bisseret prit la direction de cette équipe :

« Je rencontrais alors Jacques Villiers, l'ingénieur en chef polytechnicien qui dirigeait le CENA (Centre d'étude de la navigation aérienne). C'est lui qui avait contacté Leplat pour un premier contrat destiné à voir ce que des psychologues pouvaient apporter à l'entreprise d'automatisation du contrôle aérien qu'il avait lancée. »

Sperandio précise que les recherches étaient principalement centrées sur les activités cognitives, portant à la fois sur le contrôle régional *en route* et sur celui des tours de contrôle (Orly et Roissy) touchant à la formation et à l'ergonomie des matériels :

« Notre travail d'ergonomes dans le milieu aéronautique était assez original et même exotique au regard des autres domaines d'application de l'ergonomie à cette époque. (...) Le contrat comportait deux missions. L'une était la recherche de nouvelles méthodes de formation des contrôleurs et l'autre était l'ergonomie du contrôle aérien, consistant à analyser les processus de traitement de l'information des contrôleurs (...), ainsi que leurs difficultés, leurs besoins en information, contribuer à améliorer leurs outils de travail, évaluer les logiciels et les matériels prototypes, mais aussi analyser l'impact éventuellement négatif de l'informatisation en cours. » (...). Notre contrat ne couvrait pas les questions médico – physiologiques, qui étaient réservées à l'équipe locale de médecins du travail, avec lesquels nous avons des contacts amicaux, mais aucune réelle collaboration. Ils ne faisaient d'ailleurs pas de recherche particulière, seulement le suivi classique des personnels. »

Jean-Pierre Menu, médecin militaire au CERMA (Centre d'enseignement et de recherches de médecine aéronautique)³ localisé à Paris, puis à Brétigny-sur Orge, évoque les contraintes visuelles des contrôleurs, qu'ils soient civils ou militaires :

« L'ambiance lumineuse des salles radar a été le premier sujet d'étude et d'adaptation (...) puis l'introduction de nouveaux écrans de plus grandes surfaces avec de multiples couleurs a nécessité un grand nombre d'études : évaluation de palettes de couleurs, de graphismes, de symboles (étude d'ergonomie visuelle) en fonction des tâches des contrôleurs (dans la suite des travaux sur le contrôle aérien menés au CERP puis à l'INRIA par André Bisseret et son équipe) et d'ergonomie des logiciels. Cela a fait l'objet d'études en prise directe avec les opérateurs du centre de contrôle aérien civil d'Athis-Mons sur leurs besoins réels mais aussi sur l'ensemble des présentations à mettre en œuvre sur les écrans. »

Encore étudiant, Pierre Falzon débute sa carrière en observant le travail des contrôleurs aériens à l'aérodrome de Carcassonne. Il est en particulier intéressé par les communications radio entre contrôleurs et pilotes, début pour lui d'un travail de recherche sur les langages opérationnels, qui sera plus tard le sujet de sa thèse de doctorat. Devenu chercheur à l'Inria, il travaille d'abord sur des questions relatives à la représentation mentale du trafic aérien chez les contrôleurs, qui le conduit à proposer :

« une représentation fondée sur les relations entre appareils en vol, plus compatible avec les besoins de diagnostic des contrôleurs, appuyée à la fois sur les résultats des recherches de

² Dans son entretien, J. Leplat parle pas de ce contrat dont il fut pourtant l'initiateur.

³ CERMA (Centre d'Enseignement et de Recherches de Médecine Aéronautique) / IMASSA (Institut de Médecine Aérospatiale du Service de Santé des Armées), maintenant IRBA (Institut de recherche biomédicale des armées) depuis 2009.

l'équipe et sur des travaux de Jens Rasmussen au Danemark, relatifs aux modèles mentaux dans le travail⁴. L'idée centrale était que, pour effectuer l'activité centrale de leur travail, c'est-à-dire la détection et la résolution des conflits aériens, les contrôleurs devaient construire mentalement une représentation tri-dimensionnelle des évolutions des couples d'avions sous leur contrôle, et non du mouvement de chaque avion individuellement. Or la représentation proposée par les radars ne respectait pas ce besoin. D'où l'idée de concevoir une représentation machine mieux adaptée, opérative au sens d'Ochanine⁵. »

En 82-83, P. [Falzon](#) passera une année d'étude dans un laboratoire de la NASA en Californie où il continua son travail sur la compréhension du langage des contrôleurs aériens en construisant un programme informatique de modélisation « sur la base de schémas interprétatifs de compréhension finalisés par le contexte de l'action des contrôleurs et des pilotes. »

« Ce programme me permet de valider des hypothèses sur la compréhension opérative du langage. Je cherchais en effet à appliquer au domaine de la communication verbale le modèle proposé par Ochanine dans d'autres domaines (celui du diagnostic médical notamment). »

– Pilotage d'aéronefs (avions, hélicoptères)

Jean-Paul [Papin](#) a passé une partie de sa carrière de médecin militaire au CERMA (avant de rejoindre l'ETAS⁶) en faisant « essentiellement des études sur les pilotes et plus particulièrement sur la prise d'informations visuelles ». Il rappelle le travail pionnier du Dr Angiboust au CERMA sur le syndrome de décalage horaire des équipages (« jet lag »), notamment lors de vols transocéanique et plus généralement sur les problèmes de fatigue et de baisse de vigilance des pilotes :

« C'est lui [Angiboust] qui a fait les premières études sur les décalages horaires sous l'angle psychophysiologique ». Parmi les sujets d'études, il évoque aussi des questions relevant de la biomécanique et de la sélection des équipages : « Dans l'Armée de l'air, sur un chasseur, ce sont des pilotes de petite taille. Pour les pilotes de grande taille, lors des simulations d'éjection, ils se sont accrochés les genoux au passage. De ce fait, au lieu de rester dans la chasse, ils ont choisi le transport. » (...) « L'ergonomie et la sélection ne sont pas antagonistes, à charge pour nous de les adapter mutuellement. Par exemple, pour les avions de combat, le processus de recrutement et donc de sélection est élevé, car les systèmes de pilotage sont très complexes et les contraintes sévères. »

Les prises d'information visuelles ont fait l'objet d'études nombreuses au laboratoire de psychophysiologie de la vision dirigé par Guy Santucci⁷ au CERMA, depuis les années 70 et suivantes, principalement en lien avec la conception de nouveaux cockpits. [Menu](#) était membre de cette équipe :

« Le CERMA était alors en pleine montée en puissance en raison de l'arrivée de nouveaux systèmes de présentations d'informations dans les avions. Les tubes cathodiques, dont certains pouvaient même être en plusieurs couleurs, allaient remplacer progressivement tous les instruments électromécaniques. (...) Nous avons mené de nombreuses investigations sur la vision humaine comme, par exemple, l'acuité visuelle en contraste coloré, la vision du contraste en couleurs en fonction de l'excentricité de présentation. »

J.P. [Menu](#) évoque également le travail d'équipe mené avec J.P. [Papin](#) sur l'analyse des directions du regard dans le pilotage d'hélicoptères :

« Ces études, réalisées en vols réels avec des pilotes de l'ALAT (aviation légère de l'armée de terre), en faisant varier expérimentalement les champs visuels, étaient destinés à la mise au point des systèmes de visualisation de casque (étude de la taille minimum du champ visuel pour pouvoir piloter un hélicoptère) et l'emploi des jumelles de vision nocturne (qualité de l'image nécessaire). En pilotage réel, cela permettait non seulement de tester le champ optimum mais aussi la symbologie essentielle pour la conduite du vol à projeter sur ces systèmes. »

⁴ Rasmussen, J. (1979). On the Structure of Knowledge - A Morphology of Metal Models in a Man-Machine System Context (Risø Report 1979-11-01, Roskilde, Denmark)

⁵ Dimitri Ochanine (1907-1978), psychologue cognitiviste du travail, réputé notamment pour ses travaux sur les images (mentales) opératives

⁶ Établissement technique d'Angers (militaire)

⁷ Décédé en 2011.

Il poursuit :

« Parmi les autres travaux menés avec des industriels du domaine de l'aéronautique, militaire ou civile, je peux citer la mise au point et la lisibilité des visualisations intégrées dans des nouveaux tableaux de bord d'avion comme le Mirage 2000 et le Rafale, travail mené en collaboration avec Thomson, Thales et Dassault Aviation. Cela a justifié des études sur la symbologie à présenter sur les écrans, sur la vision des couleurs sous différentes conditions d'éclairage, sur le contraste, sur la distance de collimation des images, toujours en relation avec les tâches et les activités des opérateurs. »

« Une autre thématique importante a été une forte implication dans le développement du poste de pilotage de l'avion Rafale. Deux grands domaines de l'ergonomie ont été explorés : d'une part, la position et l'inclinaison du siège (nécessaire pour mieux supporter les accélérations élevées de cet avion) pour une bonne visibilité et une meilleure tolérance aux accélérations, et d'autre part la mise au point du concept de visualisation intermédiaire(...)positionnée entre les visualisations tête basse incluses dans la planche de bord et la visualisation tête haute, collimatée à l'infini et présentant des symboles d'informations essentielles au pilotage, variables en fonction des phases de vol. »

Lui aussi au CERMA, René [Amalberti](#) évoque un problème de vertiges observés chez des pilotes, lié à un mauvais positionnement d'informations dans le cockpit :

« J'avais des données montrant que les gens ont des vertiges, - c'est le point de vue du physiologiste - mais en réalité c'est parce qu'on a placé plusieurs instruments importants complètement latéralement dans le cockpit, qui est une faute de conception évidente. »

Mais il s'investit particulièrement sur les activités de pilotage d'avions de plus en plus informatisés :

« En 84-85, avec Claude Valot⁸, bien qu'encore relativement novices en ce domaine, nous nous retrouvons chargés d'un travail de réflexion sur un éventuel système de copilote électronique intelligent sur un avion comme le Rafale, qui était alors en début de conception chez Dassault. C'est de la recherche amont. Nous travaillons sur un système d'intelligence embarquée capable d'aider à la prise de décision. Ça marche vite et super bien. Avec des ingénieurs polytechniciens motivés, qui viennent au labo, nous formons une équipe à 7-8 qui, très vite, va s'investir à fond dans le projet, au point qu'entre 85 et 89 nous serons suffisamment convaincants pour que soit lancé un projet industriel de maquettage. »

L'avion Airbus A320, mis en service en 1988, a donné lieu à de nombreuses interventions ergonomiques, portant notamment sur les activités de pilotage (co-activité avec les fonctions automatisées, solutions d'incidents, sécurité), la conception du poste de pilotage, et l'assemblage de l'avion lui-même. Plus informatisé que ses prédécesseurs, il se pilote à deux pilotes au lieu de trois, et de façon différente : tableau de bord numérique, mini manche, nombreuses fonctions automatisées, etc. Le pilotage à deux pilotes au lieu de trois – déjà effective sur son prédécesseur A310 et chez d'autres constructeurs – est particulièrement mal acceptée par les pilotes, craignant un changement profond de leur savoir-faire et une moindre sécurité. [Amalberti](#) s'y investit fortement :

« En 88, je réponds à une demande d'Airbus sur la mise en route de l'A320 et il se trouve que, un peu miraculeusement, la question qui m'est posée est merveilleuse du point de vue de l'ergonomie : nous allons faire un avion compliqué, petit, et nous devons appliquer une politique générale d'Airbus qui est que le prix de la formation des pilotes doit être proportionnel à la taille de l'avion. Et comme l'avion sera petit, il va falloir former les gens moins longtemps ; mais comme il est plus compliqué, on est un peu dans l'embarras... »

La recherche des causes de l'accident de cet avion au mont Ste Odile, en janvier 1992, a suscité l'élaboration d'hypothèses d'ergonomie cognitive pouvant expliquer le processus de cet accident. R. [Amalberti](#) :

« En 92, se produit l'accident du Mont Sainte-Odile. Je suis dans la commission d'enquête. »

P. [Falzon](#) participe lui aussi à l'analyse de cet accident, y compris à un niveau juridique :

⁸ Chercheur civil au CERMA.

« Le juge d’instruction avait souhaité la mise en place d’une commission de quatre experts pour évaluer les facteurs humains impliqués dans le crash : formation de l’équipage, conception du cockpit et de l’appareil, interaction entre pilote et copilote. Je retrouve Véronique De Keyser à cette occasion. Une expérience très intéressante, qui m’amènera à témoigner deux fois lors des procès successifs. »

En 2009, le processus complexe de l’accident du vol Rio-Paris par un Airbus A330 donnera lieu également, sur la base des données partielles dont on dispose, à l’examen d’hypothèses d’ergonomie cognitive sur les dysfonctionnements de l’interaction Homme-Machine du pilotage. Face à un incident technique initial, mal compris par les pilotes dans un contexte de fortes turbulences atmosphériques, une suite d’actions inappropriées conduira au décrochage fatal de l’avion. Dans son entretien, Bernard [Pavard](#) évoque l’étude d’analyse à laquelle il a contribué :

« J’ai effectivement coordonné pendant un an, au sein du BEA⁹, une équipe sur la prise de décision des pilotes dans le cockpit lors de l’accident survenu en 2009 dans l’océan Atlantique. Ce fut ma dernière activité professionnelle avant ma retraite et certainement une des plus intenses et passionnantes. L’objectif de cette étude était de produire des recommandations (ayant pour but d’éviter de futurs accidents) pour la conception des futurs cockpits. Pour mener à bien ce projet, nous avons analysé la succession des prises de décision par l’équipage, étudié une dizaine d’autres incidents du même type, interviewé des pilotes et copilotes, fait des simulations sur des simulateurs professionnels et enfin modélisé la dynamique de l’avion dans son enveloppe de vol avant le décrochage, afin de mieux comprendre la représentation que pouvaient avoir les pilotes de leur situation et la logique de leurs décisions. »

– Ergonomie dans des ateliers de montage d’avions (Airbus)

Un autre volet d’interventions ergonomiques en aéronautique concerne le travail dans les ateliers d’assemblage de ces avions (et de leur maintenance, surtout dans les compagnies exploitantes).

Johan [Kalsbeek](#), ergonomiste psychologue néerlandais, francophone, évoque sommairement une intervention concernant l’avion Airbus A300, mis en service en 1974 :

« C’était le début de l’automatisation avec l’entrée de l’ordinateur, même dans les tâches de pilotage des avions. J’ai joué un rôle dans l’acceptation de l’Airbus par l’association néerlandaise des pilotes. Dans cette fonction, j’ai pu suivre de près la fabrication des premiers Airbus à Toulouse. »

Dès les années 80, à l’Aérospatiale (deviendra Airbus), Bernadette [Bernadou](#), qui y exerça d’abord comme médecin du travail, orientera ensuite son activité vers une ergonomie de la performance globale (qualité et quantité) du travail dans ces ateliers, associant également l’ergonomie et la formation, sans cependant négliger les critères santé - sécurité - conditions de travail :

« On a appelé notre service « facteur humain et performance », parce que la performance globale est entendue par les ingénieurs, faire de la qualité, de la productivité tout en gardant la santé. (...) Le sujet le plus important pour un ergonomiste, c’est la qualité. Si j’améliore quelque chose au niveau de la santé, sans toucher à la qualité, mon problème de santé n’est pas résolu, car l’opérateur se mettra en danger pour faire de la qualité. Si besoin, il se pliera en quatre sans tenir compte de la posture ». (...)

« En 1987, arrive le projet du gros porteur long courrier Airbus A340, pour lequel il fallait construire un site complet. En accord avec le médecin chef, j’ai rencontré le chef de projet – qui ne connaissait pas l’ergonomie – pour lui expliquer ce qu’on pouvait apporter et, en deux heures, il a donné son accord. (...) On a fait des programmes de modification des postes et des formations pour atteindre la qualité. (...) Les ingénieurs qui avaient participé aux études de mise au point avaient compris l’intérêt d’intégrer le facteur humain dès les phases de faisabilité. »

⁹ Bureau d’enquêtes et d’analyses pour la sécurité de l’aviation civile.

En collaboration avec Bernadette [Bernadou](#) (dont l'équipe d'ergonomes s'étoffera progressivement par des collaborations externes, puis des embauches internes), Bernard [Méliér](#), consultant indépendant, est intervenu sur le montage d'avions Airbus :

« Dans les années 1987/90, je suis intervenu chez Airbus à Toulouse, sur les chaînes de montage des avions gros porteurs, avec Bernadette Bernadou, médecin du travail à l'origine, intéressée aux questions d'efficacité économique en même temps que de santé et sécurité au travail. (...) Nous avons commencé par l'atelier peinture où il y avait des tas de problèmes. »

Un autre intervenant chez Airbus, Bernard [Michez](#), lui aussi consultant indépendant :

« Chez Airbus, nous avons travaillé sur un projet de re-engineering des cabines de peinture, avant l'A380. (...) Il y a eu des questions liées à la mise en place de nouvelles technologies, par exemple une action de mise en place d'ingénierie simultanée. »

– Parachutisme

Bernard [Méliér](#) évoque une intervention originale en son genre qu'il a faite à la BOMAP (Base opérationnelle mobile aéroportée) au sein du centre de pliage des parachutes :

« Ce fut une intervention lourde, qui a duré 2 ans, à la fois sur les conditions de travail, sur l'organisation du travail de pliage (...) et de façon annexe, j'ai eu à reconfigurer la structure du parachute ventral de secours (...) Il fallait tenir compte des particularités des différents régiments parachutistes et des différents centres de pliage de parachutes pour vérifier si tout était cohérent, ne pas concevoir pour un centre des transformations qui ne seraient pas transférables pour un autre centre. »

– Physiologie spatiale

Alain [Berthoz](#), chercheur au CNRS, puis professeur au Collège de Franc, évoque plusieurs de ses sujets de recherche relatifs à des vols spatiaux :

« Mes premières recherches sur la problématique du vol spatial, c'est 83-85, [quand] l'Europe se lançait dans l'aventure spatiale, les vols habités, la station spatiale internationale et la station spatiale MIR. (...) Nous étions sur des créneaux éventuellement intéressants : le mal de l'espace, l'interaction multisensorielle, les problèmes de postures, de gestes, de mouvements, la gravité. (...) En particulier, je me suis intéressé au rôle de la gravité dans la perception aux plans vestibulaire, postural, équilibration et désorientation. »

Le CERMA a été diversement impliqué dans des études médico-physiologiques concernant des vols spatiaux, notamment pour la sélection et la préparation des équipages.

Jean-Pierre [Menu](#) : *« Les années 60, favorables à l'exploration spatiale avec le premier pas de l'Homme sur la Lune en 1969, m'ont conduit à l'idée de devenir médecin dans ce domaine, dans le but d'étudier l'homme dans l'espace. C'est avec cet objectif que je suis entré à l'École du Service de Santé Militaire de Lyon en 1968. »*

Enfin, interrogé sur une intervention de son équipe à Houston (USA), Jacques [Christol](#) fait référence à une demande qui lui avait été adressée, mais finalement restée sans suite :

« J'ai été sollicité pour y monter une agence Christol Consultants par les cosmonautes du programme Antares, notamment par Michel Tonini, un des premiers cosmonautes, qui avait apprécié notre travail fait sur les vols habités. Quand il s'est trouvé en contact avec les gens de la Nasa, il a dit : « ils sont complètement à côté de la plaque, ils considèrent les hommes comme des composants machine et il faudrait que vous essayiez de travailler avec eux ». Il y a des Français de chez nous qui y sont allés, Herman qui travaille maintenant avec Michel Mazeau y est allé. Mais pour faire plus et de façon pérenne, il aurait fallu être une société américaine. Tout cela exigeait des moyens financiers que nous n'avions pas. Les russes aussi étaient intéressés. »

Entretiens cités :

René [Amalberti](#) (2003)

Alain [Berthoz](#) (2005)

Bernadette [Bernadou](#) (2022)

André [Bisseret](#) (2014)

Jacques [Christol](#) (2015)
Pierre [Falzon](#) (2023)
Johann [Kalsbeek](#) (2004)
Jacques [Leplat](#) (2002)
Bernard [Méliier](#) (2022)
Jean-Pierre [Menu](#) (2014)

Bernard [Michez](#) (2015)
Jean-Paul [Papin](#) (2003)
Bernard [Pavard](#) (2023)
Paule [Rey](#) (2004)
Jean-Claude [Sperandio](#) (2003)
Annie [Weill-Fassina](#) (2016)

Rédigé par J.C. Sperandio (septembre 2023)