

Contribution à la conception d'un service de transport par navette autonome : enjeux liés à la prise en compte du facteur humain

Ferdinand Monéger

Ingénieur d'études, Ergonome Européen®, Université Clermont Auvergne, Laboratoire ACTé

Ladislav Motak

Maître de conférences en psychologie cognitive et ergonomique, Centre de recherche PsyCLÉ, EA 3273, Aix-Marseille Université

Fabien Coutarel

Maître de conférences en ergonomie, Ergonome Européen®, Université Clermont Auvergne, Laboratoire ACTé

Nous allons vous parler de la contribution à la conception d'un service de transport par navettes autonomes. Nous nous attarderons notamment, sur les enjeux liés à la prise en compte du facteur humain. Avant de commencer, nous tenons à remercier Fabien Coutarel pour ses nombreux commentaires et remarques sur les premières présentations.

Le projet qui nous intéresse ici est un projet de recherche-action qui porte sur la conception de navettes. Ce sont des navettes autonomes qui sont censées pouvoir véhiculer sans chauffeur humain, qui fonctionnent à l'énergie électrique et qui sont destinées au transport de personnes, pas d'objet, sur des espaces uniquement privés (centres-villes, campus universitaires, gares, aéroports, parcs d'attractions, etc.). En effet, pour l'instant, la réglementation européenne ne permet pas de faire circuler des véhicules autonomes sur des espaces publics.

Ce texte a été produit dans le cadre du congrès des Journées de Bordeaux sur la pratique de l'ergonomie, organisée par l'équipe d'ergonomie des systèmes complexes de Bordeaux INP en mars 2018. Il est permis d'en faire une copie papier ou digitale pour un usage pédagogique ou universitaire, en citant la source exacte du document, qui est la suivante :

Monéger, F., Motak, L. et Coutarel, F. (2017). Contribution à la conception d'un service de transport par navette autonome : enjeux liés à la prise en compte du facteur humain. Dans *L'innovation dans le travail : quels enjeux aujourd'hui pour la pratique de l'ergonomie ? Actes des journées de Bordeaux sur la pratique de l'ergonomie*. Bordeaux.

Monéger, F., Motak, L. et Coutarel, F. (2017). Contribution à la conception d'un service de transport par navette autonome : enjeux liés à la prise en compte du facteur humain.

Cette recherche-action s'inscrit dans un projet à plus long terme en laboratoire d'excellence IMobS3 (*Innovative Mobility : Smart and Sustainable Solutions*) qui regroupe d'ici à 2019 des partenaires industriels et académiques. D'un côté, des partenaires comme Ligier, Michelin et de l'autre côté, différents laboratoires de l'Université Clermont Auvergne (, LAPSCO, ACTé, Institut Pascal et autres). Il s'agit avant tout d'un projet technologique.

C'est un projet qui est porteur d'un certain nombre d'enjeux sociétaux assez généraux :

- Certains constructeurs prédisent qu'en remplaçant l'humain par un automate, 90% des accidents de la route seront évités ;
- La synchronisation automatisée du trafic devrait permettre des gains de temps
- En termes de développement durable, on sera plus performant, ce seront essentiellement des technologies électriques ;
- En termes d'accessibilité, on aura plus besoin d'avoir un permis de conduire pour pouvoir se déplacer avec les navettes,
- Toutefois, il existe également des doutes qui portent sur :
 - o les responsabilités juridiques : qui est responsable en cas d'accident ?
 - o les risques de piratage informatique
 - o les questions d'acceptabilité/ d'acceptation : est-ce que les gens vont accepter de monter dans les navettes qui n'ont pas de chauffeur ?
 - o l'accidentologie. En effet, aujourd'hui, les quelques données publiées, sont transmises par des firmes comme Google. Les types d'accidents qu'ils ont et leurs origines réelles manquent de précision.
 - o Il y a aussi des doutes sur l'autonomie réelle : est-ce que le chauffeur actuel derrière sa Google-car est vraiment totalement spectateur ou est-ce que parfois, dans certaines situations il intervient ?

D'ailleurs, comme nous le verrons dans le cadre de notre étude sur les navettes, il y a un certain nombre d'interventions qui sont faites par l'être humain.

En tout cas, chez les ingénieurs ce projet reçoit beaucoup d'enthousiasme.

Il faut savoir que le terme d'utilisateur arrive tardivement, au moment où se construit la perspective d'industrialisation. C'est à ce moment que se croisent les questionnements de la psychologie et de l'ergonomie, au moment où le projet est peaufiné technologiquement et prêt à être présenté au public (prêt au sens large, sachant qu'il restait encore quelques mois avant la réelle introduction de la navette sur le terrain). Il est alors possible de distinguer trois phases dans ce projet dans sa globalité, à savoir une première phase du développement technologique ; une phase d'étude des intentions d'usage (qui va nous intéresser plus en détail par la suite) ; et une phase de mobilisation de la psychologie et de l'analyse des usages réels du point de vue ergonomique.

En ce qui concerne l'approche liée à la psychologie sociale – l'approche au cœur de laquelle se trouvent les intentions d'utilisation de la navette autonome et plus précisément les questions *d'acceptabilité sociale* –, il s'agissait d'une approche en trois étapes, où notre volonté était

d'appréhender les représentations mentales qui se construisent avant toute expérience avec la navette. Lorsque l'on parle alors des représentations, l'on peut bien sûr les décliner sous différentes formes, comme les attitudes, l'utilité perçue... et notamment sous forme des *intentions d'utilisation*, le fameux et en même temps décrié indicateur d'acceptabilité sociale.

La première étape que nous avons mise en place dans cette optique a consisté en focus groups : des réunions/discussions avec 4 à 8 participants par groupe (pour 23 personnes au total), où l'objectif est de recueillir les représentations spontanées, ici en juillet 2013, soit 6 mois avant le déploiement de la navette. Le premier déploiement devait avoir lieu par ailleurs au CHU Estaing de Clermont-Ferrand, afin de permettre aux usagers de relier le parking de l'hôpital à son accueil, séparés les deux d'une distance de 300 à 400 mètres. C'est ce cadrage concret qui a été présenté aux participants des focus groups, et dans le cadre duquel nous leur avons posé des questions comme « Que pensez-vous de la navette ? », « Quels sont selon vous les bénéfices ou les risques liés à son déploiement ? », « À qui est-elle destinée ? », etc.

Ce que nous avons retenu de ces focus groups – et ce qui est intéressant pour la suite –, c'étaient des appréhensions par rapport au fonctionnement de la navette. De nombreuses personnes se posaient des questions de savoir comment allait s'effectuer la prise en main par exemple ; ou encore, ce qu'il en sera du contrôle, étant donné que le contrôle du véhicule n'est de toute évidence confié à personne d'autre qu'à la machine. Par ailleurs, fait intéressant des focus groups, apparaissent parmi les raisons d'utilisations à la fois le bénéfice environnemental (lié à l'utilisation des énergies renouvelables), mais aussi la curiosité et l'intérêt pour l'innovation, du moins à ce moment-là, quelques mois avant l'apparition de la navette réellement.

La deuxième phase mise en place dans l'optique d'investiguer l'acceptabilité sociale consiste en analyses quantitatives. A ce titre, nous avons eu recours, en octobre 2013 (et donc toujours quelques mois avant le déploiement réel de la navette), à des questionnaires de plus de 200 items, questionnaires distribués à plus de 300 étudiants en psychologie. L'objectif était de mettre à l'épreuve des modèles d'acceptabilité sociale classiques, comme le modèle d'acceptabilité de technologies (le « TAM »), ou encore la théorie du comportement planifié. Mais notre objectif était également de tenir compte d'autres variables probablement porteuses de sens par rapport à la navette, qu'il s'agisse de l'influence du contexte social, des expériences affectives, ou, bien évidemment, des valeurs.

Le cadrage présenté aux étudiants clermontois était toujours le même, celui d'une navette au CHU Estaing. Il ressort de ces analyses quantitatives que les modèles d'acceptabilité classiques – et plus précisément les variables intégrées dans ces modèles – jouent bien sûr un rôle important dans la variation des intentions d'utilisation de la navette, mais que ces modèles méritent d'être complétés par

d'autres variables également. Notamment – et il s'agit là des prédicteurs des intentions qui ressortent de notre étude d'une façon répétée –, ces prédicteurs peuvent être regroupés en variables de *gain* (comme « l'utilité perçue » par exemple, c'est-à-dire ce que je gagne en temps ou en confort en me déplaçant à l'hôpital avec cette navette), de *normes* (p.ex. est-ce que je gagne en prestige aux yeux des autres tout en utilisant la navette), et de variables hédoniques, c'est-à-dire ce que je retiens de ces expériences en termes de plaisir ou d'autres sensations.

La troisième et dernière phase que nous avons mise en place, c'était le recueil de données in situ, c'est à dire au CHU Estaing à Clermont-Ferrand lui-même. Cette phase a été effectuée en deux vagues. D'une part, au mois de décembre 2013 – c'est-à-dire juste au moment où la navette commençait à être perceptible au sein de l'hôpital, mais où l'on ne pouvait pas l'utiliser encore – nous avons rencontré des visiteurs de l'hôpital – et donc potentiels utilisateurs de la navette – dans les salles d'attente. D'autre part, la deuxième vague, elle, a eu lieu auprès de primo utilisateurs de la navette, suite à la toute première expérience, toujours dans le contexte du CHU Estaing. L'objectif était bien sûr de vérifier si nos modélisations mentionnées au préalable dans la phase 2 (quantitative) correspondaient à la réalité vécue et exprimée par les potentiels utilisateurs. Nous avons alors fait passer un très bref questionnaire aux premiers utilisateurs de la navette, juste après leur parcours « initiatique », questionnaire élaboré à partir des résultats disponibles des focus groupes et des analyses quantitatives mises en place en phase 2. Nous avons alors pu confirmer partiellement le modèle prédictif des conditions d'utilisation de la navette in situ. Par ailleurs, nous avons observé des indicateurs d'acceptabilité plus élevés chez les primo utilisateurs que chez les utilisateurs potentiels, indiquant un effet facilitateur de l'expérience préalable lorsqu'il est question d'apprécier l'acceptabilité d'un appareil.

Si l'on devait alors procéder à un bilan de cette partie d'investigation psychologique – et donc d'études dans l'optique de l'acceptabilité sociale (vs. l'acceptabilité située, comme cela avait été discuté plus tôt dans la journée) –, tant en amont auprès d'étudiants à l'université que lors des premières utilisations in situ, nous avons pu déceler 3 variables qui semblaient jouer un rôle déterminant dans l'acceptabilité. La première, c'était *l'utilité perçue*, c'est-à-dire le bénéfice perçu à utiliser la navette à la place d'autres modes (la marche y comprise) de déplacement ; ce qui par ailleurs était un petit peu plus compliqué en réalité, dans la mesure où les personnes non handicapées n'avaient aucun intérêt à prendre la navette, notamment au regard de la vitesse de déplacement de cette dernière qui était de l'ordre de 6min pour 300 mètres (env. 3km/h) : cela est une vitesse bien inférieure à notre vitesse de marche habituelle (5 à 6km/h).

La deuxième variable qui ressortait très concrètement de nos modèles, c'était la notion du *plaisir*. Dans notre cas précis, les participants percevaient des émotions positives en rapport à la découverte de l'objet et de la curiosité ; et d'autres sujets par ailleurs verbalisaient également l'idée de trouver du plaisir à faire autre chose pendant le trajet, à ne pas se consacrer vraiment à la gestion du déplacement.

Et finalement, une troisième variable est ressortie des analyses statistiques : le contexte social, et notamment la *norme du groupe*. Qu'est-ce que c'est ? Pour la norme du groupe, il s'agit d'adopter – au niveau individuel – des comportements qui sont en accord avec la définition du groupe social de référence, quel que soit ce dernier. A titre d'exemple, si l'on dit aux étudiants français qu'ils se définissent comme innovants – et que ce soit donc cela, la norme du groupe, que d'être innovant lorsqu'on est un étudiant français –, alors par conséquent, les intentions d'utilisation de la navette sont plus élevées, plus en accord avec cette définition que si vous définissiez, pour les individus et notamment pour les étudiants français, que la norme (du groupe) consiste à être traditionnel et donc moins ouvert aux nouvelles technologies. Dans ce cas, les intentions d'utiliser la navette sont moins élevées. Par ailleurs, nous avons pu tester une idée similaire même expérimentalement ; et ce que nous pouvons conclure, c'est que la norme est consensuelle, qu'elle évolue, et qu'elle représente un moyen de faire évoluer également les attitudes et les comportements individuels, l'acceptabilité y comprise.

Le constructeur peut alors tenir compte de ces éléments et mettre l'accent sur les variables mentionnées. Mais tout n'est pas que positif, et nous avons également à notre disposition un bilan de ce qui n'a pas marché. Notre volonté a été bien sûr de cerner non seulement les premières représentations, les attitudes et les intentions, mais nous avons également essayé de mettre en place une approche complémentaire, davantage comportementale. Plus précisément, nous avons ressenti le besoin de vérifier le tout in situ, de vérifier le tout avec une analyse de l'activité. Et nous n'avons alors pas pu tout confirmer. En effet, a été mentionné à plusieurs reprises *l'aspect innovant* de la navette, tant pendant les focus groupes qu'auprès de primo utilisateurs de la navette ; et pour autant, lorsque nous avons tenté de faire varier cet aspect-là en distribuant un bref questionnaire précédé par des descriptifs mettant en avant le caractère plus ou moins innovant de la navette, nous n'avons pas décelé d'effet réellement palpable sur les intentions d'utilisation en fonction du degré d'innovation de la navette.

Un deuxième élément nous laisse à penser qu'il faut être prudent lors de l'interprétation des premiers résultats, celui de la notion de la *perte de contrôle*. Là encore, il s'agit d'un élément ressorti à plusieurs occasions : appréhendaient la perte de contrôle tant les participants du focus groupe que les étudiants

à l'université dont les réponses ont été à l'origine d'un des modèles quantitatifs mentionné au préalable. Or, lorsque nous avons essayé de redonner le contrôle aux utilisateurs de la navette dans une expérimentation sur le campus universitaire des Cézeaux (Clermont-Ferrand) en 2014, nous n'avons pas réussi à leur redonner davantage de satisfaction ou des intentions d'utilisation de la navette plus importantes. Par ailleurs, lors de l'expérience menée au CHU avec les primo-utilisateurs, nous avons constaté que le fait d'expérimenter la navette a permis de réduire la crainte liée – au préalable – à la représentation du manque de contrôle associé à la navette.

Avant de pouvoir observer les usages, les études d'acceptabilité, nous ont permis de transmettre un certain nombre de repères de conception aux constructeurs. Mobilisant la littérature traitant des questions d'utilisabilité, des critères de l'expérience utilisateur, des normes d'accessibilité, nous avons également démontré aux constructeurs que leur premier prototype n'était pas adapté à un fauteuil roulant. Or, il y avait bien un objectif commercial de faire véhiculer des fauteuils roulants dans ces navettes. Ces premiers retours réalisés en amont des premiers usages, ont amené le concepteur au choix de développer, en urgence, une nouvelle version de navette. Ainsi, alors qu'ils pensaient qu'on allait travailler sur les différentes expérimentations à partir cette première version de navette, ils en ont construit une nouvelle flotte en urgence. Cette étape a aussi permis de nous crédibiliser en tant que chercheur et renforcé notre présence dans le projet.

Nous avons pu passer à une deuxième approche ergonomique, avec des questionnements en termes d'acceptation réelle et une observation des usages réels des navettes. Malheureusement, nous nous sommes vite aperçus qu'il était toujours impossible d'observer les usages réels des navettes de la part des passagers, ceci pour plusieurs raisons. D'abord, parce que les passagers utilisaient la navette, en général, une seule fois, notamment parce qu'ils la trouvaient trop lente. Sur certains circuits, elle allait deux fois plus lentement que des piétons ralentissant énormément à proximité de chaque obstacle. Ceci peut s'expliquer par le souci des constructeurs de ne faire « *aucun compromis sur la sécurité* ». L'autre raison est que, certes, nous étions *tolérés* dans le projet en tant que chercheurs ergonomes, mais les enjeux commerciaux des concepteurs étaient tels qu'ils nous imposaient une présence discrète. Ainsi, nous n'avons pas pu mettre en place tous les protocoles que nous aurions souhaité auprès des passagers. Surtout, parce que finalement dans toutes les expérimentations, sur tous les sites où ont été déployées les navettes, un accompagnant, donc un opérateur humain était, en permanence, présent à bord des navettes. Ceci a forcément faussé les usages des passagers qui étaient censés monter dans une navette autonome.

Ces différentes limites nous ont conduit à changer d'objet de recherche. Si, malgré les nombreuses améliorations apportées au produit, ce dernier n'est utilisé qu'une seule fois, c'est peut-être que

l'acceptation nécessite de se questionner en termes de conception d'un service. Et puis, nous avons choisi de ne plus percevoir la présence des accompagnants comme une contrainte qui ne nous permet pas d'observer les usages réels des utilisateurs, mais comme une opportunité. Ainsi, nous avons décidé de nous focaliser sur l'activité et les expériences vécues par ces accompagnants, par ces opérateurs finalement, qui sont au centre du service ; avec l'hypothèse que cela nous donnerait des repères de conception de ce service. Nous avons pu réaliser un certain nombre d'expérimentations sur différents sites. Nous sommes allés à l'été 2015 sur le campus universitaire de Lausanne, à l'automne 2015 au congrès ITS de Bordeaux sur la mobilité innovante, en mars 2016 sur la technopole de Sophia Antipolis. Et puis, sur une durée beaucoup plus longue, entre 2015 et 2016, les navettes ont été déployées sur le centre industriel d'une entreprise auvergnate qui fait des pneus. Nous avons élaboré un certain nombre de protocoles pour essayer d'appréhender l'expérience vécue par les accompagnants, dont des entretiens d'explicitation, des entretiens consécutifs à l'action, des verbalisations simultanées, etc.

Ceci nous a amenés à quelques résultats que nous allons grossièrement balayer. Sans surprise, l'activité réelle de ces accompagnants est très différente des tâches prescrites et notamment parce qu'ils sont confrontés à un certain nombre de situations critiques qu'ils ne pouvaient, pour la plupart, pas anticiper. Par exemple, le trajet qu'a enregistré la navette passe par là et il y a un livreur en plein milieu. Si nous laissons la navette fonctionner de façon autonome, elle va s'arrêter devant le livreur et restera immobile tant que le livreur ne sera pas parti. À ce moment-là, en général, l'accompagnant reprend la main manuellement sur la navette, contourne, puis repart en mode autonome. Autre exemple, la navette peut gêner les usagers habituels du site. On voit qu'elle s'arrête là où le cycliste aurait souhaité passer. De même ce livreur est obligé d'attendre le démarrage de la navette pour passer avec ses caquettes. Il y a aussi les problématiques de circulation, notamment sur certains circuits qui sont partagés. Si l'accompagnant n'avait pas anticipé cette situation, il aurait bloqué le trafic, voire même, il y aurait eu un accident (camion en double file et un autre qui le dépasse). Enfin, il y a également tout un tas de variabilités que l'accompagnant est amené à gérer : des variabilités météorologiques, des obstacles qui sont sur la route, des pannes, des obstacles non détectés comme une bouche d'égout relevée, des canotons au bord du lac Léman.

Nos analyses montrent que cet accompagnant que l'on nous avait présenté comme quelqu'un que l'on était obligé de mettre là d'un point de vue juridique, est finalement vecteur de fiabilité, d'utilité du service, de satisfaction des usagers, parce qu'il fluidifie ; et levier probable d'acceptation du service. En analysant les expériences vécues par ces accompagnants, on s'est rendu compte qu'ils étaient porteurs d'un certain nombre de valeurs au moment où ils agissaient. En effet, ils veulent à tout prix

assurer la sécurité des passagers, du matériel, que le service soit utile, que les passagers soient satisfaits, ne pas gêner si possible les autres usagers du site. Ils doivent aussi respecter des procédures du site, parce que ce sont des salariés.

Mais ces valeurs ne sont pas hiérarchisables universellement. C'est-à-dire qu'en fonction de la situation, de la sensibilité de l'accompagnant, peut-être qu'il va privilégier le respect des procédures, la sécurité, ne pas gêner les autres. Ces valeurs s'articulent de façon située et peuvent être aussi objet de conflits nécessitant des arbitrages. Par exemple, sur le site de Sophia Antipolis, les 4 navettes devaient passer de façon régulière à chaque arrêt et donc devaient garder une équidistance. Le premier jour, on a observé qu'elles étaient toutes au même endroit, alors qu'elles devaient être espacées de 4,5 minutes chacune. Les accompagnants nous ont expliqué qu'ils dérogeaient à la procédure, parce qu'ils s'étaient rendu compte que s'ils la respectaient, ils n'étaient plus du tout utiles, ils n'avaient quasiment personne qui montait dans leur navette. Par contre, si à 8h du matin, au moment où les bus arrivaient sur le site, ils étaient tous là, ils parlaient avec les navettes pleines. De même à proximité de la bibliothèque de Lausanne, les accompagnants nous montraient qu'ils shuntaient la sécurité klaxon, car comme les herbes étaient hautes, le klaxon s'activait automatiquement. Or cela gênait les étudiants à l'intérieur de la bibliothèque. Ces arbitrages sont aujourd'hui impossibles à intégrer dans les algorithmes d'un robot.

Donc au final, on voit qu'il y a un certain nombre de variabilités, de conflits en lien avec le réel, des nécessités d'arbitrages d'instruction de compromis qui sont assez peu pris en compte par les concepteurs, qui négligent la variabilité humaine, qui n'anticipent pas l'ensemble des situations critiques, des situations caractéristiques. Par exemple, des types de situations qu'on n'a pas anticipées :

- la navette pouvait tomber en panne de batterie et on ne peut pas la mettre en mode roue libre pour la faire avancer. Il est donc nécessaire d'appeler un dépanneur, ce qui coûte cher ;
- de même, on a observé un accident en direct, parce que la navette, il faut la transporter. Or les concepteurs n'avaient pas anticipé qu'elle devait monter dans un camion adapté. L'opérateur se met donc en danger pour pouvoir sangler la navette à l'intérieur du camion ;
- un des appareils qui tombent le plus souvent en panne ce sont les caméras et pour pouvoir démonter cette partie de la navette, il faut démonter quasiment tout le véhicule ;
- la diversité des formes d'activité sur le site. Quand on parle d'utilisateurs, d'acceptation, ce n'est pas forcément uniquement au passager que l'on doit penser. En effet, une technologie comme celle-là va impacter un ensemble de personnes sur le site ; et bien sûr les activités de ces personnes n'ont pas suffisamment été prises en compte avant le déploiement de la nouvelle technologie.

En conclusion, nous avons essayé de montrer, ce soir, l'intérêt d'articuler ergonomie et psychologie, acceptabilité/acceptation, parce qu'en ergonomie nous sommes assez limités pour pouvoir anticiper

les usages futurs, donc la psychologie s'avère être une ressource par ses études en termes d'acceptabilité. Même si, dans les projets de conception, on se dit qu'il y a toujours des situations de références, là, c'est assez compliqué, car c'est une technologie qui n'existe pas encore.

Ce que l'on montre une fois de plus par ces analyses, c'est que l'opérateur humain, par son intelligence, par sa capacité à habiter la situation, intègre un très grand nombre de valeurs, de la performance d'un système socio-technique, un panel de valeurs que le concepteur est très loin d'imaginer (comme le fait de ne pas gêner les autres qui s'avère plus important que de respecter la procédure, dans certaines situations). Ainsi, il contribue à la fiabilité du système, à l'acceptation de façon située ; ce qui est très difficile à généraliser, à intégrer dans la conception d'un robot, parce que c'est vraiment in situ. L'humain révèle aussi les impensés de conception. En effet, tout ce que l'on a observé, on peut le traduire en repères de conception à plein de niveaux différents, aussi bien techniques qu'organisationnels, en termes de communication, en termes de développement des algorithmes du robot, parce que ce dernier va être capable de faire des choses nouvelles en s'inspirant de ce que l'opérateur humain a réussi à découvrir par son intelligence.

Cette approche expérientielle est un vecteur d'innovation, néanmoins il apparaît que l'humain sera toujours indispensable à la régulation des systèmes et que le robot sera forcément dans certaines situations en limite.

Il faut aussi penser l'activité future de l'humain dès maintenant. C'est un peu illusoire de penser que l'on arrivera à avoir des véhicules totalement autonomes dans un avenir proche. Il est donc indispensable d'anticiper, le plus tôt possible, l'activité future des êtres humains, ce qui fait écho aux théories d'Amalberti sur les dimensions réglée et gérée des systèmes socio-techniques. Il faut donc penser à la future fonction de régulateur du service. Demain, il n'y aura plus d'accompagnant, mais nous aurons sûrement besoin d'humains pour réguler ; ce seront peut-être des superviseurs. Il est nécessaire d'anticiper les moyens qu'on va leur allouer, comme par exemple des salles de contrôle. Ce sont des sujets sur lesquels on travaille en ce moment.

Et puis, on montre encore une nouvelle fois que finalement, le déficit de prise en compte du facteur humain a un coût. On arrive tôt dans ce projet, mais presque déjà trop tard. On a vu par exemple qu'il y avait des dépannages qui coûtaient cher, que l'on a été obligés de concevoir une nouvelle flotte de navettes, alors qu'en prenant en compte des choses que l'on sait universelles en ergonomie, on n'aurait peut-être pas été aussi pressés de le faire, ce qui joue aussi sur l'image commerciale, sur

l'avantage laissé aux concurrents. On essaie de se servir de ça pour montrer aux concepteurs l'intérêt d'intégrer le facteur humain le plus tôt dans les projets.

Enfin, l'atteinte d'une « sécurité totale » – objectif auquel tient vraiment beaucoup le concepteur – présente des limites. Au nom d'une sécurité totale, on a conçu une navette qui va très lentement, qui n'est pas utile, qui gêne les autres et donc, forcément, qui n'est pas acceptable en l'état. Donc, il faudrait aller plutôt vers une sécurité acceptable, en mettant au débat les questions de compromis.