



HAL
open science

Conception ergonomique d'une formation utilisant les outils de l'industrie du futur

Raphaël Pablo, Antonietta Specogna, Valérie Saint-Dizier de Almeida

► **To cite this version:**

Raphaël Pablo, Antonietta Specogna, Valérie Saint-Dizier de Almeida. Conception ergonomique d'une formation utilisant les outils de l'industrie du futur. EPIQUE 2019, Jul 2019, Lyon, France. hal-02477846

HAL Id: hal-02477846

<https://hal.science/hal-02477846v1>

Submitted on 13 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Conception ergonomique d'une formation utilisant les outils de l'industrie du futur

Raphaël Pablo

2LPN EA7489- Université de Lorraine CLSH, 23 rue Albert 1er, BP13397, F-54000 Nancy
raphael.pablo@univ-lorraine.fr

Antonietta Specogna

2LPN EA7489 - Université de Lorraine
antonietta.specogna@univ-lorraine.fr

Valérie Saint-Dizier de Almeida

2LPN EA7489 - Université de Lorraine
valerie.saint-dizier@univ-lorraine.fr

Catégorie de soumission : rencontres doctorales

RÉSUMÉ

TINA-M2P (2018-2021) est un projet dans lequel s'inscrit la thèse. Il implique différentes structures : l'Université de Lorraine (2LPN, LEM3, DITEX, ESPE), l'Académie des Technologies et Dassault Systèmes et l'IRT M2P. La thèse vise la conception et le développement de formations innovantes autour des thématiques de l'industrie du futur comme la conception, les matériaux, la mécatronique, l'ingénierie des systèmes et la fabrication. La formation repose sur l'utilisation/exploitation d'une plateforme intégrant un espace collaboratif proposant des outils de modélisation 3D, de management de projets et de communication en temps réel. Cette suite de logiciels de Dassault Systèmes permet de réaliser l'intégralité des phases du cycle de vie d'un produit, de l'analyse du cahier des charges jusqu'à la fabrication. La formation s'adresse aux étudiants des filières BAC+2 à BAC+5 : DUT, Licences, Master ainsi que des écoles d'ingénieurs. Dans le cadre de cette étude, la thèse va axer son intervention sur les dimensions pédagogique et didactique de la plateforme. Des parcours de formation seront développés en axant sur une approche ergonomique participative impliquant les parties prenantes.

MOTS-CLÉS : Psychologie ; Ergonomie ; Objet intermédiaire ; Modélisation de l'activité ; Industrie du futur

1 INTRODUCTION

Face au couplage entre la production industrielle et les nouvelles technologies de l'information et de la communication qui a lieu en ce moment dans le monde entier, l'industrie doit se montrer plus réactive que jamais. Ce besoin de réactivité se traduit dans le domaine industriel par l'arrivée d'usines du futur qui peuvent ajuster leur production très rapidement afin de répondre à la demande. Au niveau de la formation, ce besoin de réactivité se traduit par un besoin de formation au plus proche de l'activité réelle afin que les ingénieurs fraîchement diplômés soient aptes à répondre aux exigences de l'industrie du futur et à utiliser ses outils, ce le plus rapidement possible. C'est dans ce cadre que s'inscrit le projet TINA-M2P.

Le projet TINA-M2P a pour ambition de développer des modules de formation et des parcours pédagogiques au plus proche de l'activité réelle le tout via une plateforme numérique (la 3Dexperience) permettant la conception partielle ou totale d'un objet complexe (un drone en l'occurrence via une imprimante 3D). La plateforme est destinée aux étudiants et aux enseignants en ingénierie mécanique, électronique et mécatronique. Les modules auront pour but de permettre aux étudiants de maîtriser les outils de l'industrie du futur. Le projet se déroule en 4 étapes : fabrication du drone avec les outils de l'industrie du futur par des étudiants stagiaires en fin de cursus formés à

l'utilisation de ces outils, conception des modules de formation et de parcours, test en conditions réelles de ces parcours exploitant les modules de formation et le déploiement de ces formations. C'est dans le cadre de ce projet que s'inscrit ce travail de thèse.

Dans le cadre du projet TINA-M2P, il n'existe au préalable pas de tâche prescrite explicite (uniquement l'état final : un drone, et des outils, ressources ...). L'objectif de la thèse est de montrer l'apport de l'ergonome dans le processus de développement des dimensions didactique et pédagogique de la plateforme. Le concept d'objet intermédiaire sera mobilisé. Il s'agira de montrer dans le cadre d'un processus ergonomique participatif, l'apport de l'ergonome notamment dans la constitution d'objets intermédiaires, objets qui constituent des supports aux interactions entre les différents acteurs du projet, et qui sont susceptibles d'optimiser l'activité du collectif et d'enrichir le projet dès la phase de conception des formations.

2 CADRE THEORIQUE

2.1 Les projets de conception

L'ergonomie de l'activité a développé une démarche d'accompagnement des projets de conception articulant analyse ergonomique du travail, démarche participative et simulation du travail et accompagnement (Barcellini, Van Belleghem & Daniellou, 2013).

L'analyse de projet nécessite l'identification des enjeux et l'identification de la population concernée par les futures situations de travail. Elle permet de poser un diagnostic de projet orienté vers les décideurs et de redéfinir les objectifs du projet quand nécessaire (Barcellini, Van Belleghem & Daniellou, 2013). L'analyse ergonomique du travail permet, quant à elle, de produire des connaissances liées à la tâche. Ces connaissances sont utiles à tous les acteurs du projet et ont de ce fait un impact sur plusieurs aspects du projet. Elles permettent aux décideurs de faire évoluer les objectifs du projet en fonction des constats réalisés. Sur la base de ces connaissances, les concepteurs peuvent formaliser des repères qui éclaireront l'élaboration de premières solutions de conception (Daniellou, 2004). Enfin elles permettront à l'ergonome de construire des bibliothèques de situations d'actions caractéristiques (Daniellou, 1987 ; Garrigou et al., 1995) qui rendront possible l'élaboration des scénarios pour les simulations.

Vient ensuite la simulation qui peut se dérouler de deux manières (Daniellou, 2007) : soit sur un support de simulation réduit, soit grandeur nature. Les opérateurs et opératrices peuvent alors éprouver de manière concrète les améliorations apportées par la nouvelle solution. Ceci leur permet de comprendre que des améliorations sont possibles (Nahon & Arnaud, 1999). La simulation enrichit le dialogue entre opérateurs et prescripteurs, elle favorise l'émergence de solutions de conception négociées (Détienne, 2006 ; Béguin, 2007) et de compromis pouvant être sources d'innovation.

Enfin vient l'accompagnement. Afin que les scénarios de prescription soient effectivement déployés, les résultats des simulations doivent être traduits sous formes d'exigences ayant un sens pour les concepteurs. Ces exigences formalisées permettent aux concepteurs de progresser dans la conception du futur système et sa réalisation concrète (Van Belleghem & Barcellini, 2011).

Cette démarche a été appliquée à de nombreuses reprises depuis sa formalisation (Petit & al., 2011) et des formes de développement de l'activité ont pu être observées. Ces développements se créent dans la rencontre des « mondes » (Béguin, 2007) proposée par la démarche et permettent des apprentissages mutuels entre ces acteurs (Barcellini, Van Belleghem, & Daniellou, 2013).

Dans le projet TINA-M2P la phase d'analyse du travail s'est effectuée lors de la primo-conception du drone par des ingénieurs stagiaires. Ces derniers ont été assistés durant tout leur stage par des experts dans l'utilisation de la 3Dexperience, en ingénierie système, en mécanique, en électronique, en mécatronique et en CAO. Les stagiaires en fin de cursus ont donc appliqué avec la 3Dexperience des méthodes de travail de professionnels expérimentés. C'est pourquoi il nous a semblé pertinent de nous baser sur leur activité (filmée et transcrite) et de mobiliser les travaux sur

les objets intermédiaires et les modèles de la tâche pour élaborer un objet, qui constituera un support lors de focus groupes ; ce support (amorce dans le façonnement d'un objet intermédiaire) devrait optimiser l'activité du collectif dès la phase de conception des formations.

2.2 Objet Intermédiaire et modèle de la tâche

2.2.1 L'objet intermédiaire

En matière de conception notamment en ingénierie concourante, des travaux ont montré l'intérêt de recourir à la notion d'objet intermédiaire (OI) (Vinck, 2009), notamment dans le cadre d'études ayant pour objet les bureaux d'étude (Mer & al., 1995 ; Vinck & al., 1996 ; Vinck & Laureillard, 1996; Grégori & al., 1998 ; Vinck, 1999)

La notion d'Objet Intermédiaire s'inscrit dans une tradition de recherche en sociologie des sciences, l'interactionnisme symbolique et la théorie de l'acteur-réseau. Vinck (1999a) définit l'Objet Intermédiaire comme toute entité, physique, graphique ou textuelle, se trouvant entre plusieurs acteurs d'un réseau ou comme production entre plusieurs étapes dans un cours d'action. Gregori et al. (1998) précisent que les objets sont des marqueurs de l'activité, à la fois produits et instruments qui permettent d'entrer dans l'activité. La présence des objets réduit la complexité sociale en limitant la prolifération des interactions simultanées de tous avec tous, rendant possible des interactions locales cadrées (Latour, 1994).

Vinck et Laureillard (1996) montrent que les OI portent et condensent provisoirement et partiellement une multiplicité de processus. Les OI somment l'ensemble des représentations de ceux qui les ont façonnés. Les OI véhiculent les intentions de leurs auteurs. Les OI tendent à imposer des choix et des décisions à leurs utilisateurs. Les OI permettent que les compromis se construisent, mais aussi que des ajustements locaux s'opèrent là où la prescription n'est pas contraignante. Enfin, les OI trahissent et transforment les intentions de ces mêmes auteurs. Vinck (2009) théoriserait l'OI en tant que médiateur dans le sens où il participe à la construction de compromis et de savoirs partagés entre les acteurs.

Ainsi les objets intermédiaires permettent de représenter et de modéliser collectivement, à la fois les intentions des acteurs en présence, et l'objet en construction. Ils portent et soutiennent, en quelque sorte, les représentations de ceux qui les conçoivent et de leur propre devenir (Judon 2017). Il semble donc possible que la création d'un objet intermédiaire approprié puisse permettre d'une part l'enrichissement du projet TINA-M2P et d'autre part l'optimisation du travail du collectif dans le cadre de ce projet de conception complexe. Il reste alors à déterminer quel objet intermédiaire serait le plus adapté à ce type de travail et comment l'ergonome peut concourir, aider à la constitution de tels objets.

2.2.2 Modèle de tâche

Comme nous l'avons dit plus haut, le projet TINA-M2P a pour objectif l'élaboration de modules pédagogiques basés sur la conception partielle ou totale, par l'étudiant, d'un objet complexe en utilisant les outils de l'industrie du futur. C'est pourquoi en début de projet, une première conception de cet objet par des étudiants en stage de fin d'étude a été réalisée. Cette primo conception avait pour objectif principal de connaître les contraintes techniques imposées par les outils utilisés. Etant donné les ambitions du projet nous avons proposé d'élaborer un objet qui servira de support à l'équipe pédagogique en charge de la conception du contenu des modules pédagogiques. Afin que cet objet traduise la temporalité du processus de conception (Barcellini, Détienne & Burkhardt, 2005), nous avons fait le choix du formalisme utilisé pour la modélisation des tâches.

Les modèles de tâches ont été utilisés très tôt dans le domaine de la formation (Annett & Duncan, 1967 ; Annett, 2004). Les modélisations produites par l'analyse de l'activité d'opérateurs expérimentés étaient utilisées afin de concevoir des formations pour les élèves. C'est dans ce cadre

que Annett et Duncan (1967) ont développé l'analyse hiérarchique des tâches (HTA, Hierarchical Task Analysis), une méthode orientée tâches qui propose de décomposer hiérarchiquement une tâche en sous-tâches.

La formalisation de ce genre de décomposition aboutit généralement à des arborescences hiérarchiques de tâches et de sous-tâches. Les tâches décomposables sont dites abstraites, les tâches de plus bas niveau sont quant à elles qualifiées de tâches élémentaires, de tâches unitaires ou encore d'actions, tout dépend du formalisme utilisé (Couix, 2007).

En conclusion à cette partie, il a été décidé, dans le cadre du projet TINA-M2P de créer un objet qui sera enrichi à chaque étape du projet. Cet objet sera une formalisation du modèle des tâches effectuées lors de la primo-conception du drone. In fine, la modélisation constituera une description des tâches que les étudiants devront réaliser lors des formations conçues dans le cadre de TINA-M2P. Cet objet permettra de connaître les compétences nécessaires pour participer à un module et les compétences et connaissances que ce dernier permet d'acquérir. Enfin il constituera également une boîte à outils exploitée par les enseignants pour aiguiller les apprenants en situation d'utilisation de la plateforme.

3 CADRE METHODOLOGIQUE

3.1 Terrain d'étude

TINA-M2P est un projet dont l'objectif est de définir et de tester un parcours de formation répondant aux attendus dans le domaine de l'«industrie du futur». Ce parcours s'appuie sur un produit complexe (un drone) à réaliser depuis l'analyse de la demande jusqu'à sa fabrication. Dans le cas présent, l'ambition est d'y inclure l'utilisation de la Plateforme 3D EXPERIENCE

Dans un premier temps le drone sera conçu par des stagiaires en ingénierie (de la création du cahier des charges à la fabrication du drone) en utilisant la 3Dexperience de Dassault Système. La 3Dexperience est une plateforme collaborative proposant entre autres des outils de modélisation 3D (CATIA, Solid Work), de management de projet (ENOVIA) et de communication en temps réel.

Sur la base des données récoltées lors de cette primo conception des groupes de travail composés d'enseignants chercheurs en mécanique et en électronique seront organisés afin de définir des modules de formation se basant sur la conception partielle ou totale du drone, de déterminer les savoirs nécessaires afin de participer à ces modules et de déterminer les compétences visées par ces modules.

Sur la base de ces groupes de travail des supports pédagogiques seront élaborés. Ces supports devront permettre aux étudiants d'acquérir les savoirs et savoir-faire nécessaires à la conception du drone ou de la partie de drone qui est au centre du module pédagogique. Enfin la formation sera testée auprès d'étudiants de l'Université de Lorraine afin d'évaluer et d'améliorer les formations qui ont été créées.

Une fois validée, la formation a pour vocation d'être déployée auprès d'étudiants et intégrée à la « peer learning experience », une plateforme qui fournit des ressources pédagogiques variées mises en ligne par des professeurs et experts du monde entier.

3.2 La méthodologie pour la formalisation des tâches

Afin de créer un objet intermédiaire qui soit la formalisation du modèle hiérarchique des tâches effectuées lors de la primo conception du drone par les ingénieurs stagiaires. Pour se faire une observation participante ainsi que des entretiens en « pourquoi ? » « comment ? » ont été réalisés auprès des ingénieurs stagiaires.

L'entretien en « pourquoi ? », « comment ? » utilisé en psychologie ergonomique par Sebillotte pour instruire des modèles de tâche (Sebillotte 1991). Cette technique est adaptée lorsque

l'on souhaite renseigner un modèle hiérarchique de la tâche, même auprès d'opérateurs novices (Bisseret et al. 1999). Ils permettent également d'obtenir une dénomination possible des tâches et sous-tâches, les objectifs explicites ou implicites en rapport avec la tâche, les événements procéduraux nécessaires à la réalisation de la tâche ainsi que des aspects pertinents pour la description de la tâche (problèmes rencontrés, fréquence des tâches et Enumération d'informations) (Sebillotte 1991)

Ces entretiens étaient réalisés après chaque étape de la conception : la modélisation du châssis du drone, la finalisation des exigences, la modélisation d'un bras optimisé, l'impression physique de ce bras, etc. Cette étape a été réalisée à l'aide d'un logiciel libre permettant de représenter l'arborescence des tâches et d'associer à chaque tâche et sous-tâche une fiche où était inscrit une description de la tâche ainsi que les logiciels utilisés afin de la réaliser.

Etant donné que cette modélisation devait servir de support à l'animation de groupes de discussion focalisés composés d'enseignants chercheurs et d'un ingénieur de recherche, il a été décidé que l'arborescence des tâches et sous-tâches nécessaires à la création du drone serait organisée en fonction de la méthodologie RFLP (fréquemment utilisée dans l'industrie mais également enseignée dans les universités). RFLP (Requirements Functions Logic Physic) « *est une méthode itérative de conception basée sur les principes de l'ingénierie système* » (Retho, 2015, p.21).

Le résultat de cette première étape est donc une bibliothèque de fichiers dont les entrées sont organisées en une arborescence, arborescence qui est une formalisation du modèle des tâches effectives de la primo-conception du drone. Les fichiers contiennent des informations pratiques relatives à chacune des tâches

3.3 Vers la conception du support de formation

La seconde étape du projet TINA-M2P est l'animation de groupes de discussion focalisée dont l'objectif est de définir les contours des modules de formation et leurs contenus. Cette méthode met un groupe de personnes dans une situation de conversation centrée sur un sujet défini qui les rejoint. Elle permet la collecte de données qualitatives (Leclerc, Bourassa, Picard, et Courcy, 2011).

Ce sont les interactions au sein du groupe qui influencent la qualité des données recueillies (Agan, Koch et Rumrill, 2008). Patton (2002) mentionne que la caractéristique du groupe de discussion focalisée est que les participants poursuivent la construction de leurs opinions à partir des points de vue exprimés par les autres. Les commentaires ainsi obtenus vont au-delà des points de vue des participants (Julien-Gauthier Héroux, Ruel et Moreau, 2013).

Ces groupes sont composés de deux enseignants chercheurs donnant des cours en rapport avec le module (par exemple optimisation topologique ; choix des matériaux etc.), d'un ingénieur de recherche spécialisé dans l'utilisation de la 3DExperience et d'un psychologue en charge de l'animation. Leurs objectifs sont : dégager les tâches pouvant constituer la partie pratique d'un module portant sur un sujet (par exemple l'optimisation topologique et la conception d'un des bras du drone), associer à chacune de ces tâches les savoirs et savoir-faire nécessaire à leur accomplissement, déterminer les Informations dont les étudiants ont besoin afin de pouvoir travailler (objectifs, contraintes client/système/procédés contenus dans le cahier des charges ou non, etc.), et enfin, déterminer les compétences attendues à la fin du module de formation.

Les informations recueillies auprès de ces groupes de travail permettent l'élaboration de supports didactiques. Ce premier enrichissement de la modélisation permettra l'élaboration de supports didactiques et le développement de parcours pédagogiques permettant l'acquisition de compétences et la mobilisation de connaissances théoriques et techniques requises par la conception du drone. Ces informations permettent également de compléter les fichiers associés à chaque tâche avec des informations utiles pour l'évaluation des formations.

4 TRAVAUX EN COURS

Les travaux qui sont actuellement en cours sont de nature pratique car nous appliquons la méthode décrite plus haut. En effet, Il a été décidé par le groupe de pilotage du projet TINA-M2P que le drone pouvait faire l'objet d'un total de sept modules de formation. Ces derniers auront pour sujet l'optimisation topologique, l'ingénierie système, la conception assistée par ordinateur, la mécatronique, le choix des matériaux, le knowledge management et la fabrication additive. Ainsi, la création de chacun de ces modules donnera lieu à l'animation de groupes de discussion focalisée et à l'enrichissement de l'objet intermédiaire.

Un positionnement théorique et méthodologique doit encore être réalisé afin de pouvoir démontrer si l'utilisation de l'Objet intermédiaire a eu un impact ou non sur les aspects collaboratifs du travail des différents acteurs du projet TINA-M2P. Ce positionnement se fera à l'aune des données recueillies lors des différents groupes de discussion focalisée qui sont organisés à l'heure où ces lignes sont écrites.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Agan, J., Koch, L. J., Rumrill Jr, P. D. (2008). The use of focus groups in rehabilitation research. *Work*, 31, 259-269.
- Annett, J. (2004). Hierarchical Task Analysis. In: D. Diaper & N. Stanton (Eds.), *Handbook of Task Analysis fir Human Computer Interaction* (pp. 67-83). Mahwah, New Jersey: Laurence Erlbaum Associates.
- Annett, J., Duncan, K. D. (1967). Task analysis and training design. *Occupational Psychology*, 41,211-227.
- Barcellini, F., Détienne, F., Burkhardt, J.M. (2005). Les discussions en ligne dans la conception de logiciels libres : dynamique et temporalité de l'activité. In : E. Raufaste et A. Tricot (Eds), *3èmes journées d'études en psychologie ergonomique - Epique'05*. (pp. 1-12). Toulouse, France : Université de Toulouse Le Mirail.
- Barcellini, F., Van Belleghem, L., Daniellou, F. (2013). Les projets de conception comme opportunité de développements des activités. In: P. Falzon (dir.), *Ergonomie constructive* (pp. 191-206). Paris : PUF.
- Beguín, P. (2007) Innovation et cadre sociocognitif des interactions concepteurs-opérateurs : une approche développementale. *Le Travail Humain*, 70(4), 369-390.
- Bisseret, A., Sebillotte, S., Falzon, P. (1999). *Techniques pratiques pour l'étude des activités expertes*. Toulouse : OCTARÈS-Éditions.
- Couix, S. (2007). Usages et construction des modèles de tâches dans la pratique de l'ergonomie : une étude exploratoire. (Mémoire de master *Sciences de l'information et de la communication*).
- Daniellou, F., (2004). L'ergonomie dans la conduite de projets de conception de systèmes de travail. In P. Falzon (dir.), *Ergonomie* (pp. 359-373). Paris : PUF
- Daniellou, F., (2006), Entre expérimentation réglée et expérience vécue, les dimensions subjectives de l'activité de l'ergonome en intervention, *Activités*, 3(1), 5-18
- Detienne, F. (2006). Collaborative design: Managing task interdependencies and multiple perspective. *Interacting with Computers*, 18(1), 1-20.
- Garrigou, A, Daniellou, F., Carballeda, G. et Ruaud, S. (1995). Activity analysis in participatory design and analysis of participatory design activity. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15, 311-327.
- Gregori, N., Blanco, E., Brassac, C., Garro, O. (1998). Analyse de la distribution en conception par la dynamique des objets intermédiaires. In Trousse B., Zreik K. (Eds). *Les objets dans la conception* (pp. 135-154), Paris : Europaia.
- Judon, N. (2017). *Rendre possible un espace intermédiaire de dialogue pour coconstruire de nouvelles solutions de prévention dans un contexte d'incertitude : cas des travaux de revêtements*

- routiers* (thèse de doctorat, Université de Bordeaux, Bordeaux). En ligne : <https://www.theses.fr/224600362>
- Latour, B. (1994). Une sociologie sans objet ? Remarques sur l'interobjectivité. *Sociologie du Travail*, 4(36), 587-607.
- Leclerc, C., Bourassa, B., Picard, F., Courcy, F. (2011). Du groupe focalisé à la recherche collaborative ; avantages, défis et stratégies. *Recherches Qualitatives*, 29(3), 145-167.
- Mer, S., Jeantet, A., Tichkiewitch, S. (1995). Les objets intermédiaires de la conception, in Caelen, J., Zriek, K. (éds). *Le communicationnel pour concevoir* (pp. 21-41,). Paris : Europa.
- Nahon, P., Arnaud, S. (1999). Sortir de la boucle infernale : essai de maîtrise dans trois abattoirs de porcs. *Actes du 34^e congrès de la SELF, Caen, 15-17 Septembre 1999*, 147-153.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative Research and Evaluation Techniques* (3 ed.). Thousand Oaks : Sage Publications.
- Petit, J., Dugué, B. et Daniellou, F. (2011). L'intervention ergonomique sur les risques psychosociaux dans les organisations : enjeux théoriques et méthodologiques. *Le Travail Humain*, 74(4), 391-409.
- Retho, F. (2015). *Méthodologie collaborative d'aide à la construction de produits virtuels pour la conception d'aéronefs à propulsion électrique*. (Thèse de doctorat, Centrale Supélec, Paris). En ligne : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01323018/document>
- Sebillotte, S. (1991). Décrire des tâches selon les objectifs des opérateurs. De l'interview à la formalisation. *Le Travail humain*, 54(3), pp.193-223.
- Vinck, D., Jeantet, A., Laureillard P. (1996). Objects and Other Intermediaries in the Sociotechnical Process of Product Design: an exploratory approach. In: J. Perrin, D. Vinck. (eds.). *The role of design in the shaping of technology, vol. 5*, (pp. 297-320). Bruxelles: EC Directorate General Science R&D.
- Vinck, D., laureillard, P. (1996). Coordination par les objets dans les processus de conception, pp. 289-295 in *Représenter, Attribuer, Coordonner*. Paris : CSI, Écoles des Mines.
- Vinck, D. (1999). Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales, *Revue Française de Sociologie*. 11, 385-414.
- Vinck, D. (2009). De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière. Vers la prise en compte du travail d'équipement. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 51-72.
- Van Belleghem, L. & Barcellini, F. (2011). *Cours ergonomie et conception: modèles et outils pour l'action*. Cnam, Paris.