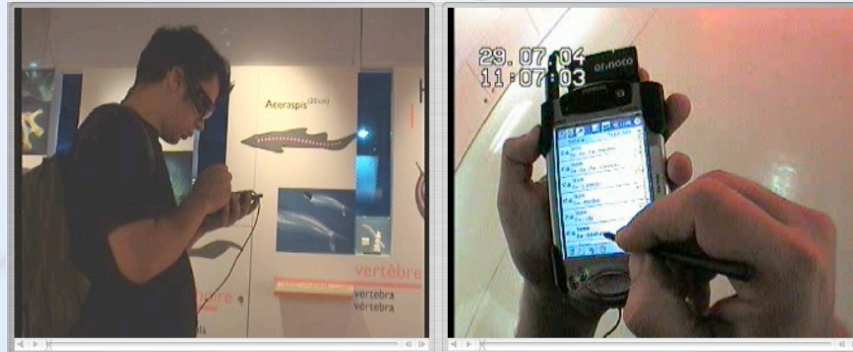


Etude empirique de l'interaction multimodale mobile en situation naturelle



GT MOB 2009, Lyon
Thèse en Ergonomie Cognitive
Guillaume Calvet

Le Pôle Ergonomie et facteur humain

Notre Offre

**ERGONOMIE
DES APPLICATIONS
INFORMATIQUES (IHM)**
User interface design (HCI)
Maquettage, graphisme et expérimentation
Laboratoire de conception participative et
de tests utilisateurs



**MANAGEMENT
DES FACTEURS HUMAINS**
Human engineering management
Plan d'intégration des facteurs humains
dans les programmes



**ERGONOMIE
DES ESPACES DE TRAVAIL**
Workplaces design
Aménagement des salles
et postes de supervision



**PRODUITS / SERVICES
GRAND-PUBLIC**
*User tests and design for products
and consumer services*
Marketing d'usage, tests utilisateurs
et design



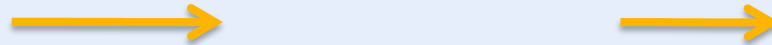
Aéronautique, Nucléaire, Défense, Industries, Transports, Automobiles, Télécommunications, Informatique, Web

Introduction et positionnement du problème 1/2



■ La mobilité: évolution des pratiques d'interaction

- D'un usage sédentaire nomade à mobile



- D'un paradigme d'interaction dit de « manipulation directe » (WIMP)...
 - Sollicitant fortement la vision et les mains
- ...à la nécessité d'évolution vers un style d'interaction post-WIMP
 - Interface réduite (entrée et sortie), moins visuelle, etc. (Kristoffersen & Al., 1999)

■ La mobilité comme facteur d'extension des variations contextuelles

- Modifiant la nature même de la tâche (Nielsen, 95), (Pascoe & Al., 2000)
- Contraintes plus importantes dans la gestion du contexte d'interaction par l'utilisateur
 - Environnement physique (bruit, lumière, chaleur...)
 - Environnement social (présence de tiers, caractéristiques sociales des lieux)
 - Etc...



Introduction et positionnement du problème 2/2



- Articulation entre mobilité et gestion des ressources attentionnelles (Oulasvirta, 2005)
 - Activité mobile par nature multitâche provoquant le partage de l'attention entre :
 - La gestion de l'interaction
 - La gestion du déplacement
 - La gestion de l'activité principale

- Objectif de développement: diminuer la charge attentionnelle provoquée par l'interaction
 - Deux pistes de solutions complémentaires (Multimodalité et CAC):
 - **Systemes sensibles au contexte** (Context-aware Computer ou CAC) (Pascoe, 2001)
 - Elimination, diminution ou automatisation de tâches déclenchée par le contexte (commandes passives)

 - **Interaction multimodale** (possibilité d'interagir à l'aide de plusieurs modalités) (commandes actives)
 - Possibilité d'adapter les modalités d'entrées et de sorties aux contraintes contextuelles (Oviatt, S.L., 1999)
 - Choix des modalités pertinentes en fonction des ressources physiques et cognitives disponibles (Oulasvirta, 2005)
 - Possibilité de correction de situation d'erreur en changeant de modalité (Oviatt, S.L., 1999)



Objectifs de la thèse



■ Objectifs empiriques

- Documenter la question de l'usage de dispositifs multimodaux mobiles en environnement réel selon ces trois axes (multimodalité, contexte, mobilité)

■ Objectifs méthodologiques

- Comment construire une expérimentation située
- Comment récolter les données d'usage et d'autoconfrontations
- Comment les coder pour leur traitement et leur analyse

■ Objectifs théoriques

- Affiner les modèles existants ou en produire de nouveaux

■ Objectifs technologiques

- Fournir des ressources pour la conception de dispositifs multimodaux mobiles



Plan de la présentation



- **Positionnement théorique et Cadre d'analyse**
 - Définitions
 - Mobilité, Contexte, Multimodalité
- **Etude empirique: Méthodologie**
 - Application, tâche, consigne, protocole
 - Dispositif de recueil et d'analyse des données
- **Résultats quantitatifs et qualitatifs**
 - Usages de la multimodalité
 - Facteurs contextuels influençant l'usage des modalités
 - Multimodalité, mobilité et ressources attentionnelles
- **Synthèse, discussion et apports de la thèse**
 - Etude de cas
 - Proposition de modèles pour l'interaction multimodale mobile
 - Critères et recommandations pour la conception
- **Conclusion et perspectives**



La Mobilité

1/2



■ Focalisation des études

- Sur les aspects techniques (portabilité, autonomie, réseaux ubiquitaires)
- Et sur l'évaluation de l'utilisabilité de dispositifs portables (pas forcément mobiles)

■ Nécessité d'extension de ce cadre initial

- En considérant la mobilité comme une modalité à part entière (informatique pervasive)
- En intégrant la modification de la nature des tâches à réaliser (Pascoe et al., 2000)
- Et l'articulation entre les modifications de contexte et les choix de modalité d'interaction (Calvet & Al., 2001)

■ Exemples de définitions et classifications:

- Classifications ontologiques (Kakihara & Sørensen, 2001)
 - Trois modes de mobilité : spatial (sujets, objets, symboles, espaces), temporel (synchrones ou asynchrones), contextuel (contraintes sociales, etc.)
- Classifications typologiques:
 - Nomadisme niveau 1 et 2, mobilité réelle (Marchand, Salembier, & Zouinar, 2000)



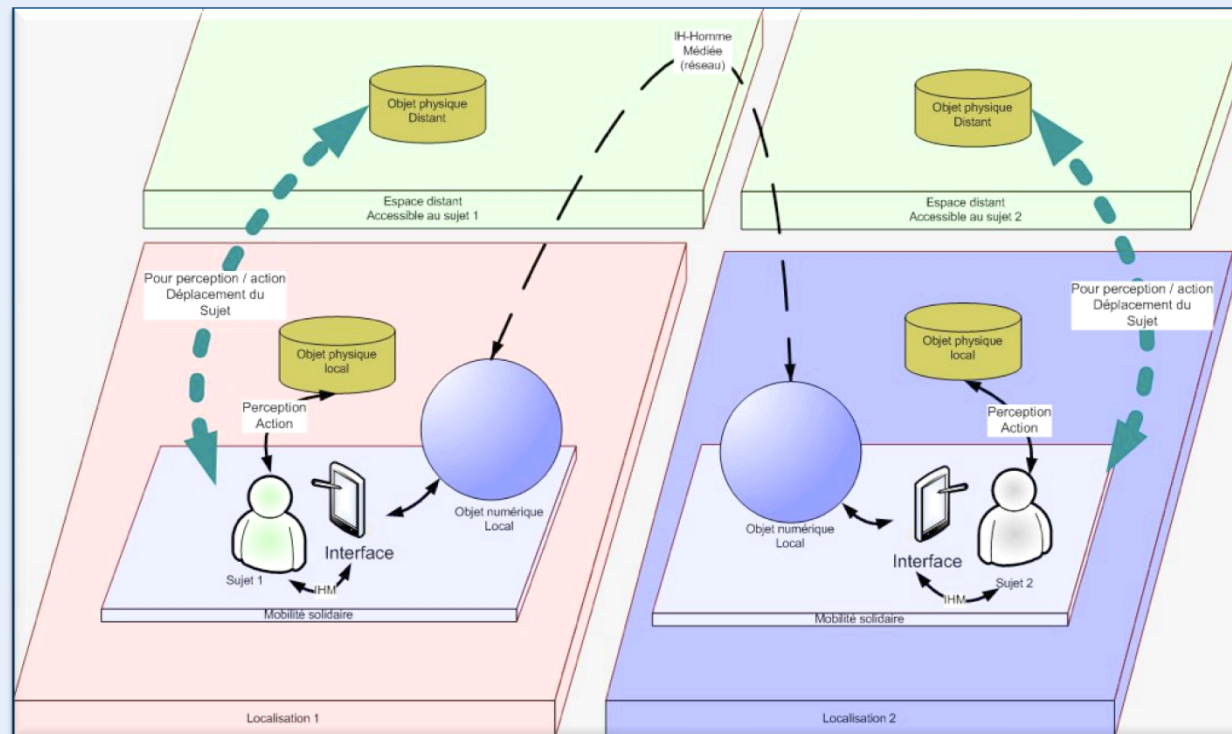
La Mobilité

2/2



■ Cadre d'analyse pour la mobilité

- Mobilité des **sujets** (« mobilité réelle ») pour l'accès aux objets physiques distants
- Mobilité des **dispositifs d'interaction** pour l'accès aux données numériques locales
- Mobilité de **l'information** pour la coopération distante médiée



Relation Mobilité-Contexte

1/2



■ Définitions du contexte

■ Linguistique:

- Théorie de l'indexicalité: le sens de tout acte linguistique dépend toujours des **circonstances** dans lesquelles il a été accompli
- Ethnométhodologie: envisage le contexte comme un « **accomplissement** » des interlocuteurs, comme une construction émergente, non identifiable a priori

■ Psychologie:

- La situation ou l'ensemble des conditions ou encore l'environnement dans lequel s'exerce une activité et qui déterminent ou **influencent** celle-ci (Hollnagel, 1993); (Leplat, 2001)

■ Focalisation des études

■ Sur les aspects techniques et « capturables » du contexte

- Environnement physique (bruit, éclairage, présence d'autres artefacts etc.)
- La localisation géographique (relative ou absolue)
- Le temps (relatif ou absolu)..... Etc.

■ Finalité de la capture du contexte (commandes passives)

- Fusion de ces traits pour déclencher des actions automatiques (entrées ou sorties)
 - Présentation d'information, exécution de services et stockage d'information

■ Approche très positiviste parfois peu performante (Oulasvirta & Al., 2005)

- Posant des problèmes de contrôle et d'acceptabilité de l'application
- Nécessitant une orientation plus constructiviste du contexte (en accord avec le sujet)



Relation Mobilité-Contexte

2/2



■ Positionnement et Cadre d'analyse pour le contexte

■ Approche constructiviste et située

- En accord avec les définitions présentées (indexicalité, émergence du contexte, etc)
- Le contexte n'est pas une entité préexistante, un objet en soi, il est la situation
- Le contexte n'est donc pas identifiable a priori

■ Perception du contexte fortement subjective

- Du contexte à la situation (Quéré, 1997)
 - **Environnement**: propriétés physiques de l'entourage (lumière, bruit, agencement physique de l'espace)
 - **Contexte**: élément qui donne du sens à l'action (type d'activité, historique, erreurs)
 - **Situation**: expérience de l'utilisateur et engagement dans l'action



Multimodalité

1/3



■ Notions principales de la multimodalité

■ Neurophysiologie

- Associée au sens humain (perception comme action)
 - Perception par nature multimodale (Berthoz, 1997: le sens du mouvement)
 - Perception active plutôt que passive (donnant du sens à l'action perceptive ou communicative)
 - Le contrôle de l'action est multimodal
 - Repères relatifs et absolus: lire un livre en marchant, marcher avec un verre d'eau
 - Modalité de contrôle: modalité mise en œuvre pour contrôler une action
- (Woodworth, 1899): « C'est la précision et la justesse d'un mouvement qui détermine l'intention (la conscience) et l'attention requises pour sa réalisation »*

■ Interaction homme-machine (IHM)

- Média pour traduire le niveau **perceptuel** et Modalité pour le niveau **représentationnel**
- Espace de conceptions
 - « CARE » : Complémentarité, Assignment, Redondance et Équivalence (Coutaz & Nigay, 1994). Aspect sémantique



Multimodalité

2/3



■ Focalisation des études

■ Etude et développement des Modalités (approches souvent technocentrées)

- Modalité Vocale: Langage naturelle et langage de commande
- Modalité gestuelle: G2D, G3D (reco de geste), G3D de manipulation de l'artefact (WII)
- Modalité tactile (G1D ou G2D)

■ Combinaison de modalités

- Vocale + autres modalités= actions de communication pour exprimer **les intentions** de l'utilisateur plutôt que de faire des actions élémentaires (Mignot & Carbonell, 1996)
- **Maximiser la pertinence de la communication**: éléments sémantiques distribués entre le langage, la vision et les gestes
- **Complémentarité**: couple (action/référent)= souvent le vocal pour l'action et l'autre modalité pour la déictique (pointage stylet, geste, etc.)

■ Usages des modalités

- Fortes variations intra et inter-individuelles dans les usages (Mignot, 1995), (Calvet, 2001)
- Liberté de choix d'usage augmente la complexité et parfois le temps d'accomplissement
- Contrainte temporelle modifie le style de l'interaction (Norman, 1991)
- Effet des champs perceptifs, saillance (Petrelli et al., 1997)
- **Très peu d'études sur les déterminants et usages de la multimodalité en situation naturelle**



Multimodalité

3/3



■ Positionnement et Cadre d'analyse pour la multimodalité

■ Cadre de conception retenu:

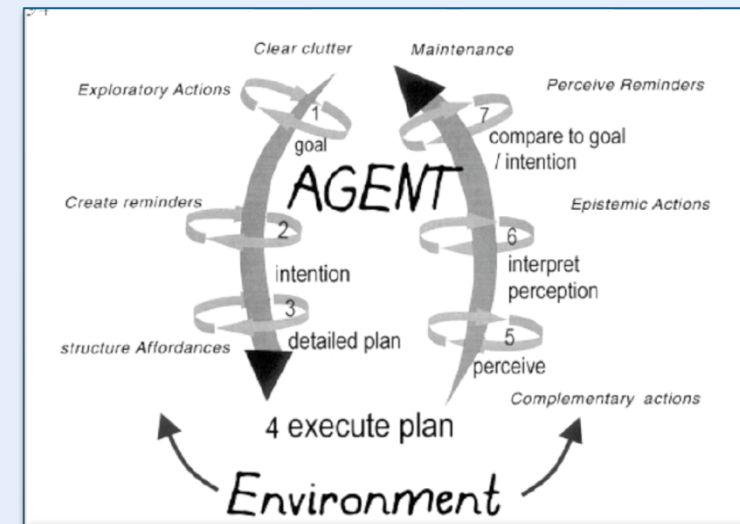
- **Exclusivité** pour l'aspect temporel (pas de combinaison de modalités)
- Principe d'**équivalence fonctionnelle** pour l'aspect sémantique (la possibilité de réaliser une même commande à l'aide d'une modalité au choix)

■ Cadre général d'interaction : le modèle de Norman et Kirsh

- Point de vue de la cognition située et distribuée
- Vision dynamique
- Séquentialité de l'action et de la cognition

1. But (cog),
2. Intention (cog),
3. Plan détaillé (cog),
4. Exécution du plan (action),
5. Perception des résultats (cog),
6. Interprétation (cog)
7. Comparaison avec le but (cog)

- Ne décrit pas le détail de l'interaction et le comportement des systèmes
- Notion de séquence et de plan discutables (niveau méta?) mais valide pour le cas des commandes discrètes



Méthodologie

1/3

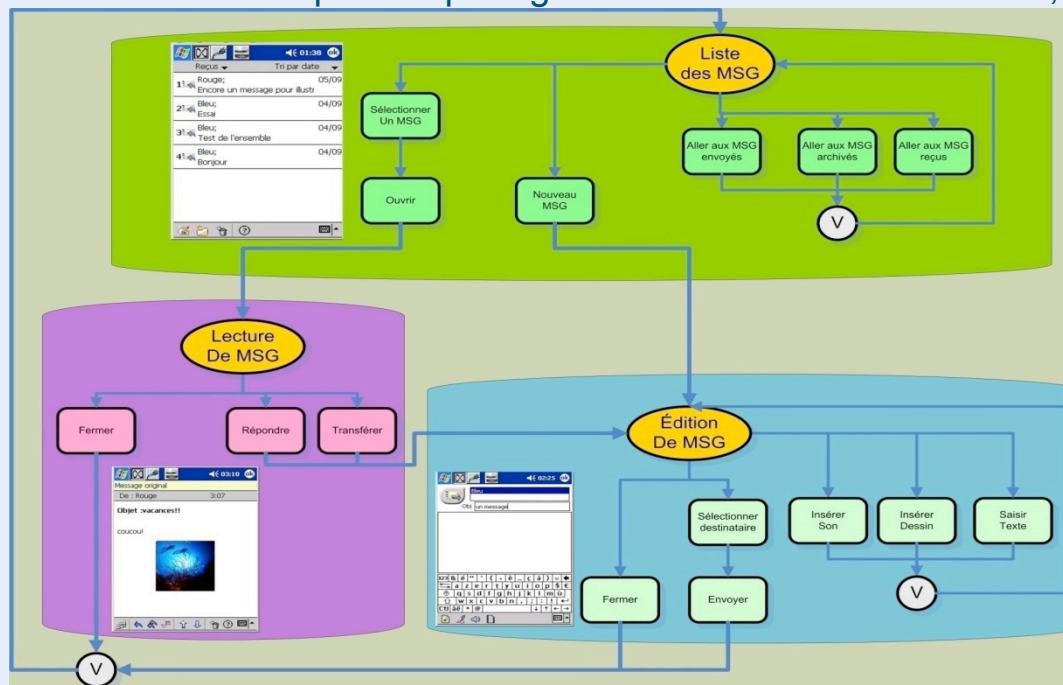


■ Problématique méthodologique

- Observer des pratiques réelles, donnant un sens aux actions des sujets
- De l'étude de laboratoire, à l'étude en contexte naturelle (via les expériences de terrain)

■ Objectifs méthodologiques: Quel dispositif expérimental?

- Construire une expérimentation située (Cité de la Science et de l'industrie de la Villette)
 - Mise en situation via un quiz collaboratif supporté par une application de messagerie
 - Consigne sans contraintes opératoires d'interaction (principe d'équivalence)
 - Provoquant le partage d'attention MSG entre l'interaction, le déplacement et activité



■ Modalités disponibles:

- Vocale (mots clés) E/S
- Tactile stylet E
- Audio S
- Visuelle S



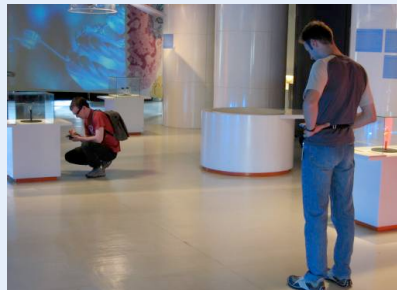
Méthodologie

2/3

- Sujets et protocole expérimental
 - Guide utilisateur, formation
 - 6 sujets ont effectué trois sessions d'interaction de 40 à 50 minutes
 - Autoconfrontations
- Récouter les données d'usage et d'autoconfrontations
 - Vue subjective



- Vue contextuelle



- Fichiers logs



Méthodologie

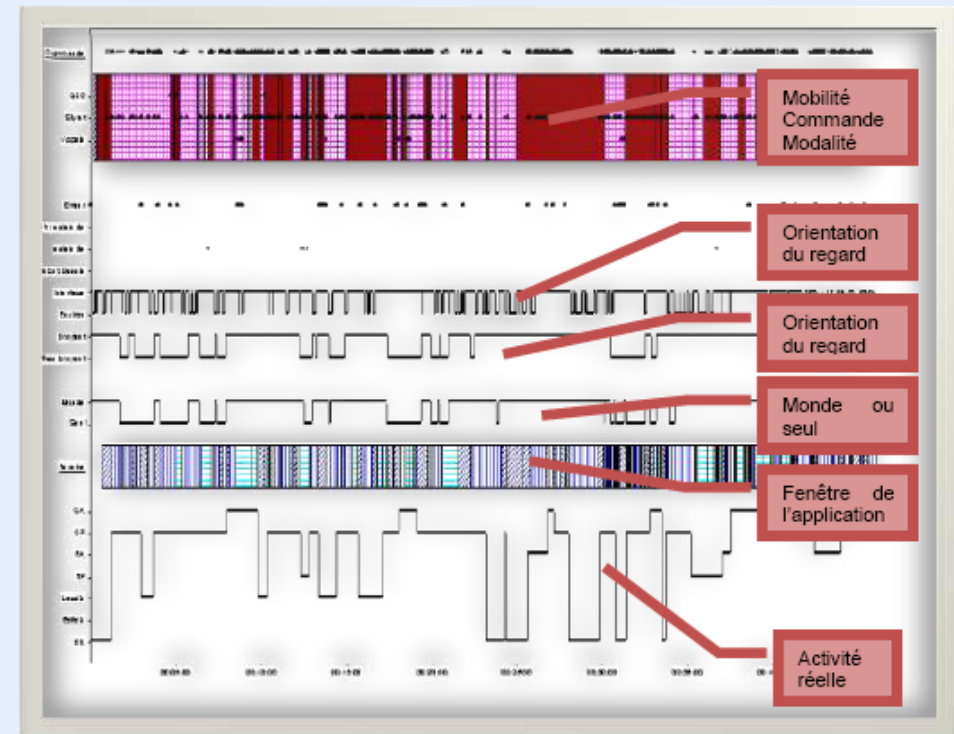
3/3



■ Comment coder les données pour leur traitement et leur analyse

Fichier	Action	Paramètres	Temps (hh:mm:ss)
Rouge	WIMP	EditeurMail	00:01:00 - 500
Rouge	WIMP	EditeurMail	00:01:04 - 273
Rouge	WIMP	EditeurMail	00:01:04 - 827
Rouge	WIMP	EditeurMail	00:01:05 - 262
Rouge	WIMP	EditeurMail	00:01:05 - 493
Rouge	WIMP	EditeurMail	00:01:05 - 759
Rouge	WIMP	EditeurMail	00:01:06 - 21
Rouge	WIMP	EditeurMail	00:01:06 - 524
Rouge	WIMP	EditeurHTML	00:01:07 - 169
Rouge	WIMP	EditeurHTML	00:01:10 - 673
Rouge	WIMP	EditeurHTML	00:01:10 - 580
Rouge	WIMP	EditeurHTML	00:01:10 - 982
Rouge	WIMP	EditeurHTML	00:01:10 - 993
Rouge	WIMP	EditeurHTML	00:01:11 - 175
Rouge	WIMP	EditeurHTML	00:01:11 - 180
Rouge	WIMP	EditeurHTML	00:01:12 - 197
Rouge	WIMP	EditeurHTML	00:01:12 - 203
Rouge	WIMP	EditeurHTML	00:01:12 - 931
Rouge	WIMP	EditeurHTML	00:01:12 - 937
Rouge	WIMP	EditeurHTML	00:01:13 - 447

Fichiers logs
Actogram™

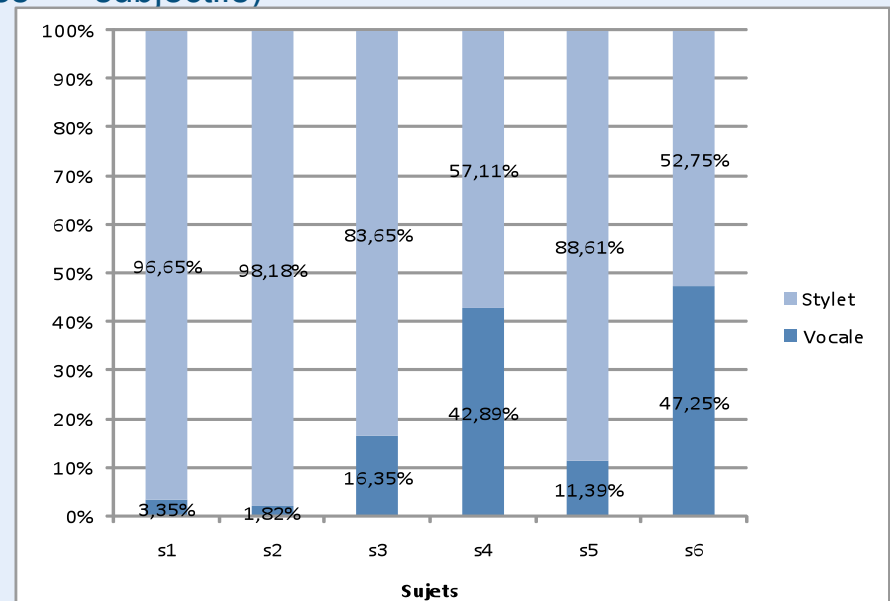


Chroniques d'activité
(avec les observables)



Usages de la Multimodalité

- Usage des modalités au Niveau global (tout sujets)
 - Fort taux d'utilisation du tactile stylet (75%) et 22% pour le vocal
 - Taux d'erreur du vocal élevé (33%)
- Usage des modalités au Niveau individuel (toutes sessions)
 - Variabilités inter individuelles importantes (de 1,82% de vocal, à 47,25%)
- Spécialisation et évolution des usages au niveau intra et inter-individuel (au niveau des commandes)
 - Différences très fortes à la fois inter et intra individuelles
 - Pas de spécialisation commune, mais de nombreuses tendances à la spécialisation individuelles (critères de choix non partagés => subjectifs)
- Transitions de modalités
 - Tendance à l'enchaînement
- Préférences individuelles des modalités (via les verbalisations)
 - Nombreux facteurs internes et subjectifs (test de l'application et exigences de la tâche)
 - Caractère ludique du vocal
 - Rapidité et efficacité perçues, effort de mise en œuvre, etc.



Influences des Facteurs contextuels 1/2



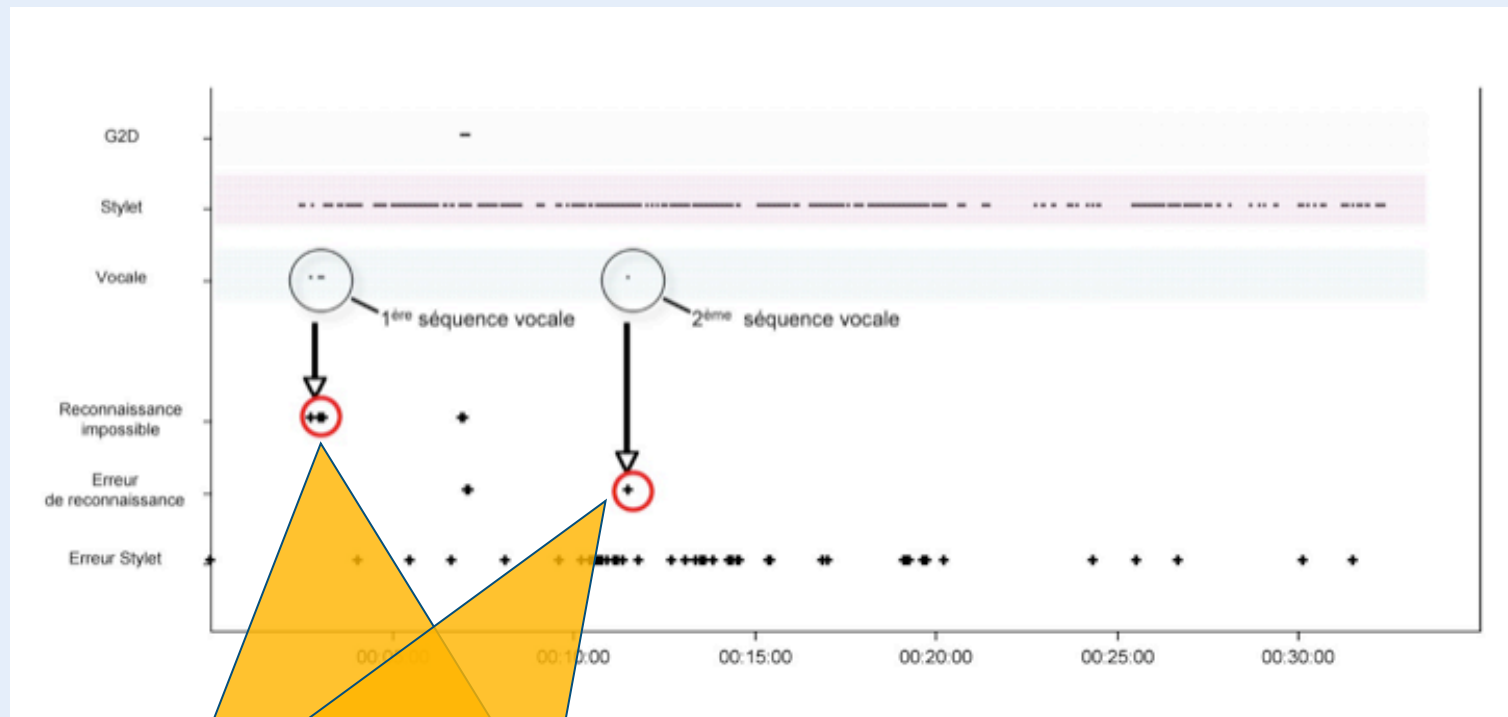
- Contexte sonore
 - Effet apparent du contexte sonore au niveau global mais contredit ou minimisé au niveau individuel (effet de moyenne)
 - Les gênes perçues dues au bruit (verbalisations)
 - Crainte d'erreurs potentielles dues au Bruit
 - Changement de modalité en anticipation ou suite à des erreurs avec bruit
 - Etc.
 - Les modifications de modes opératoires liées au bruit
 - Augmentation du volume de la parole
 - Rapprochement du PDA près de la bouche
 - Faible perception du niveau sonore en général (focalisation sur la tâche, etc.)
- Contexte Social
 - Peu d'effet au niveau global, forte variabilité au niveau individuel
 - Expression d'absence de gêne liée à la présence de tiers
 - Banalisation de l'interaction au stylet (peu de verbalisations), Cadre spécifique, Dispositif discret, Volonté d'efficacité, Focalisation sur l'interaction, Etc.
 - Expression de gêne liée au monde
 - Inhibition (Timidité), Crainte d'attirer l'attention, Heuristiques fortes, Gestualité associée au vocal non naturel, Discrétion, Peur de se tromper, Mode d'expression gênant, Crainte de gêner les autres, Besoin d'intimité, Etc.



Influences des Facteurs contextuels 2/2



- Historique de l'interaction
 - Evènements intra ou inter-sessions



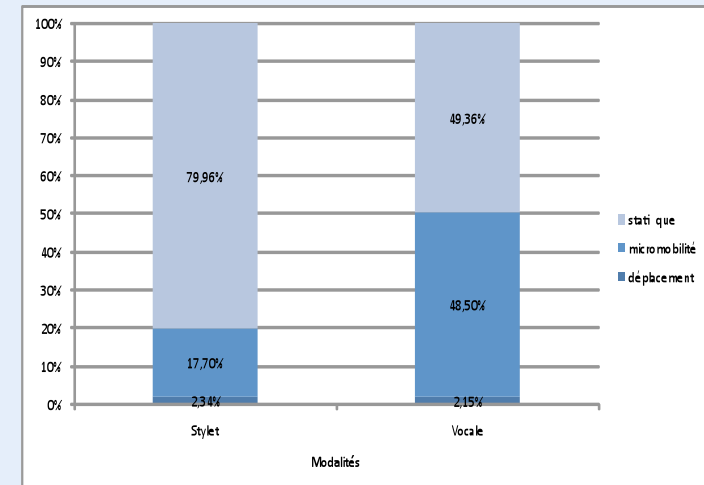
- c'était un peu pour tester le ..(vocal), je voulais voir si c'était rapide et tout, c'est pareil, j'ai réessayé encore une fois. C'est pas un mode qui m'a plu du tout.
- du coup, j'ai laissé tomber, j'ai essayé deux trois phrases, je me suis dit que ça allait plus vite de cliquer mais réussi à le faire en fait, j'sais pas pourquoi.



Multimodalité, mobilité et ressources attentionnelles

- Usages en mobilité?
- Mobilité et interaction : Effets des modalités
- Regard et multimodalité
 - Tactile 100% visuel, Vocal avec 14,7% de commandes non visuelles, forte variabilité
- Regard et mobilité
 - L'orientation du regard sur l'interface « ancre » les sujets
- Activité réelle et mobilité
 - C'est l'activité qui détermine la mobilité
- Transitions de mobilité
 - Relative continuité de la mobilité mais effet des modalités
- Correction des erreurs vocales encore plus mobiles
- Résultats qualitatifs (verbalisations)
 - Gestion des objectifs divergents et activité multitâche
 - Compromis d'allocation des ressources (nombreux critères)
 - Vocal: Libération de l'attention visuelle, Confort subjectif
 - Importance des sorties sonores
 - Etc...

Mobilité	mobilité	statique	Total
% de Commandes	24,71%	72,99%	100%



Etude de cas et Illustrations

■ Commandes peu visuelles


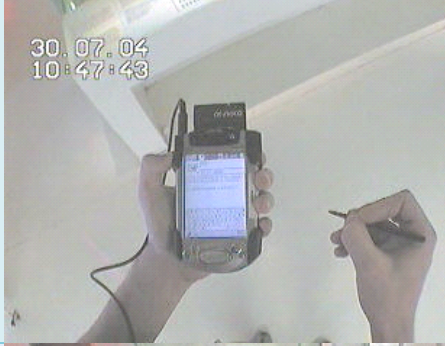



■ Correction d'erreur

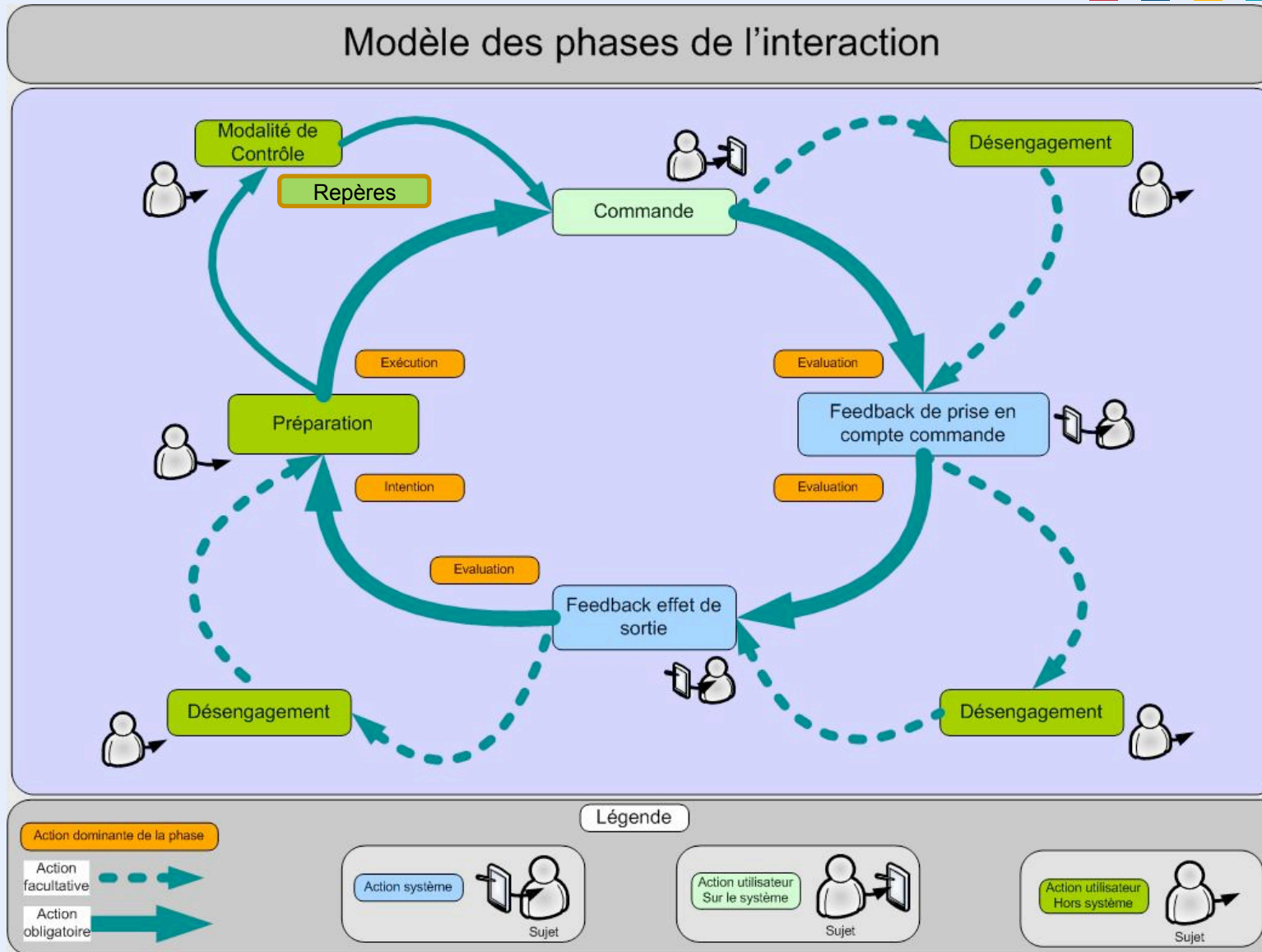


S6i3 (11'45'') Commande vocale avec regard vers l'environnement

Synopsis : Le sujet arrive devant un stand dans lequel est la réponse à une de ses questions. Il doit donc lire le cartel. De plus, il est en train de transférer un message contenant l'indice (dessin) à son partenaire (activité QA).

Phase	Illustration	Description
0) Pas d'interaction		Sujet : fin d'interaction précédente Engagement : <ul style="list-style-type: none"> • Physique : <ul style="list-style-type: none"> ○ Vision environ ○ Pouce gauche libre ○ Main droite libre • Cognitif : <ul style="list-style-type: none"> ○ Non orienté vers l'interaction ○ Exploration
1) Préparation / Engagement		Sujet : se prépare à passer une commande vocale Engagement : <ul style="list-style-type: none"> • Physique : <ul style="list-style-type: none"> ○ Vision interface ○ Pouce gauche appui ○ Main droite libre • Cognitif : <ul style="list-style-type: none"> ○ Mémo sémantique ○ Vérif mode voc engagé
2) Entrée		Sujet : « insérer un dessin » Engagement <ul style="list-style-type: none"> • Physique : <ul style="list-style-type: none"> ○ Vision environ ○ Pouce gauche appui ○ Main droite libre • Cognitif : <ul style="list-style-type: none"> ○ Attente Feedback ○ Prise en Compte et FB Effet Commande

Proposition de modèle pour l'interaction

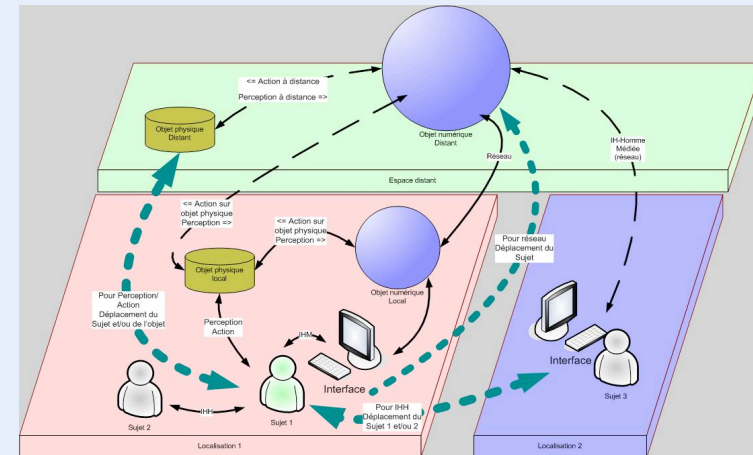


Modèle pour la mobilité, recommandations



■ Modèle pour une Mobilité finalisée

- Finalité de la tâche
- Finalité de la mobilité



Recom. 2 : Veiller à la continuité et à la cohérence des organes, sens, et modalités mis en œuvre dans toutes les phases du cycle en entrée comme en sortie du système.

Justification :

Pour une interaction en général et une interaction mobile en particulier, les modalités (dont la modalité de contrôle) mises en œuvre dans une seule de ces phases va influencer l'ensemble des ressources attentionnelles nécessaires pour l'ensemble des phases (un cycle d'interaction). Il est donc critique de veiller à la cohérence des modalités mises en œuvre en particulier pour permettre une interaction non visuelle.

■ Critères et recommandations

- Au format des critères de (Bastien & Scapin, 1993) et (Bach & Scapin, 2005).

Recom. 5 : Identifier les repères absolus/ relatifs et les modalités de contrôle associées pour toutes les phases potentielles du cycle d'interaction proposé (comprenant : Préparation, Entrée, Contrôle, Désengagement, Feedback de prise en compte de la commande, Feedback lié à l'effet de la commande)

« Equifinale » signifie que la tâche primaire, extérieure à l'interaction, requiert une interaction mobile « réelle » (interaction et déplacement simultanés) pour être satisfaite. Il convient de faciliter ou au moins de ne pas perturber la tâche primaire extérieure par une interaction inadaptée. Il convient également d'identifier les différents types de mobilité requis pour les différentes phases de la tâche afin d'adapter au mieux l'interface (mobilité supportée par ordinateur, Computer Supported Mobility).

Exemple :
Un employé de maintenance relève à la volée l'état des rails de chemin de fer en marchant le long de la voie.
Un écologue compte les animaux qu'il rencontre le long d'une ligne de déplacement (transect).

Recom. 4 : Dans le cas d'une application à mobilité et tâche « alterfinale », l'interface doit au moins être à « attention minimale ».

Justification :

« Alterfinale » signifie que les tâches d'interaction, et celles extérieures à l'interaction, ont des finalités différentes et indépendantes et sont donc concurrentes en terme de ressources attentionnelles. Dans ce cas, la tâche d'interaction doit être compatible avec la gestion du déplacement.



Conclusion



■ Résultats empiriques

- Documenter les usages de dispositifs multimodaux mobiles en environnement réel
 - Reposent sur un compromis de facteurs internes (préférences) et d'adaptation à la situation (facteurs externes, mais perçus subjectivement)
 - La flexibilité de la multimodalité répond bien à ce besoin d'adaptation

■ Résultats méthodologiques

- Construire, observer et analyser une expérimentation située
 - Dispositif expérimental et technique tout à fait adapté
 - Complémentarité des approches: quantitatif descriptif, qualitatif explicatif

■ Résultats théoriques

- Production de modèles (mobilité et interaction)
- Introduction de notions nouvelles (modalité de contrôle, repères relatifs, équivalence maximale)

■ Résultats technologiques

- Ressources pour la conception
 - Recommandations
 - Modèles



Perspectives



- **Exploration d'applications sensibles au contexte**
 - Mettant en œuvre une approche constructiviste du contexte
 - Approche de gestion et de construction facilité des ressources
 - Contexte mutuellement partagé
- **Tester les modèles proposés pour la conception d'Interfaces à Attention Minimum (MAUI)**
 - Elargir l'exploration à d'autres modalités (non visuelles)
 - Etudier des nouveaux styles d'interaction (post-WIMP) spécifiques à la mobilité
- **Valider scientifiquement les critères et recommandations proposés**
- **Perspectives méthodologique**
 - Documenter l'appropriation et les usages sur de longues durées
 - Via des sondes
 - Un journal d'usages
 - Des sessions de contrôle et d'autoconfrontation régulières
 - De l'étude de l'utilisabilité à l'expérience utilisateur
 - Elargir le champ des données recueillies



Merci de votre attention !!

