

Techniques de couplage de bureaux : Ambient-Desktop comme illustration

Nicolas Barralon
CLIPS-IMAG

Viet-Tung Nguyen
CLIPS-IMAG et MICA

Gaëtan Rey
CLIPS-IMAG

385 rue de la bibliothèque 38400 St Martin d'Hères. Tel : +33 4 76 63 56 87

{ Nicolas.Barralon, Viet-Tung.Nguyen, Gaetan.Rey } @ imag.fr

RESUME

Le couplage de ressources d'interaction est l'un des fondements de l'informatique ambiante où l'utilisateur construit son espace par assemblage d'entités. Dans cet article, nous présentons Ambient-Desktop, un bureau multisurface qui, au-delà des fonctions habituelles du bureau, permet de construire un espace d'interaction par couplage. Après avoir identifié les requis d'un tel système, nous présentons I-AM et les Contexteurs, bases logicielles sur lesquelles s'appuie la mise en œuvre d'Ambient-Desktop.

Mots Clefs

Couplage de ressources d'interaction, contexte d'interaction, architecture logicielle, interaction homme-machine, technique d'interaction, informatique diffuse, informatique ambiante.

ABSTRACT

Coupling interaction resources is key to ubiquitous computing by permitting users to construct their own interactive spaces. In this article, we examine the requirements related to coupling and we propose a set of middleware techniques (I-AM and the Contextors infrastructure) to support coupling between the interaction resources of conventional workstations. We illustrate the application of these techniques with Ambient-Desktop, a desktop that complies to the look and feel of current graphical desktops extended with novel HCI features for addressing coupling.

Categories and Subject Descriptors

D.2.11 [Software Engineering]: Software Architectures - Data abstraction, D.2.2 [Software Engineering]: Design Tools and Techniques-/User Interfaces/ H.5.2 [In-formation Interfaces and Presentation]: User Interfaces – Prototyping.

General Terms

Measurement, Human Factors.

Keywords

Interaction resources, coupling, interaction context, interaction technique, software architecture, human computer interaction, ubiquitous computing.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. UBIMOB 05, May 31. - June 3, 2005, Grenoble, France. Copyright 2005 ACM X-XXXXX-XXX-X/XX/XXXX \$5.00

1. INTRODUCTION

Bénéficiant de la miniaturisation des composants électroniques, le grand public délaisse peu à peu l'informatique conventionnelle (l'ordinateur de bureau) au profit de l'informatique mobile (l'ordinateur portable, assistant de poche et téléphone portable). Pour permettre cette mobilité, de nouveaux moyens de communication se sont développés : le GSM laisse progressivement place au GPRS, le traditionnel câble réseau est abandonné au profit du Wifi et les liaisons Bluetooth côtoient leurs homologues filaires (USB ou firewire). Il devient alors possible d'interconnecter en tout lieu et à tout instant, plusieurs machines, voire des dispositifs grand public comme les appareils photos et les baladeurs.

Cette convergence de technologies permet d'envisager le passage d'une informatique confinée et statique, à une informatique ambiante favorisant l'émergence opportuniste d'écosystèmes par couplage de ressources. On appelle *couplage*, l'action de lier deux entités de manière à ce qu'elles opèrent conjointement pour fournir une nouvelle fonction [1]. Parmi les ressources d'un système, nous distinguons les *ressources d'interaction* qui tiennent un rôle de médiation entre l'utilisateur et le système. On parle de rôle de *surface* lorsque la ressource est utilisée comme moyen d'observation de l'état du monde numérique. Il s'agit de rôle d'*instrument* lorsque la ressource permet à l'utilisateur de modifier l'état du monde numérique.

À titre d'illustration, imaginons l'exemple de deux personnes se rencontrant par hasard dans la rue. Elles décident de travailler ensemble en couplant leur ordinateur portable pour ne former qu'un seul espace d'interaction. Ainsi, chaque personne pourrait utiliser indifféremment l'une ou l'autre des souris comme instrument. Il en irait de même pour les claviers. Une vidéo serait projetée sur les deux écrans comme s'ils ne formaient qu'une seule surface. Cette souplesse rendue possible par le couplage de ressources appelle de nouveaux requis.

Dans cet article, nous étudions les requis du couplage que nous illustrons par des exemples représentatifs de l'état de l'art. Puis nous présentons notre propre solution en termes de capteurs et d'intergiciels. Nous en illustrons l'utilisation avec la construction d'Ambient-Desktop, un bureau qui exploite et intègre les capacités de couplage de ressources d'interaction.

2. ETAT DE L'ART ET REQUIS

Lyytinen et Yoo traduisent l'évolution de l'informatique conventionnelle vers l'informatique ambiante au moyen de deux critères : le niveau d'intégration du système avec l'environnement physique et son degré de mobilité [10]. Etudions les conséquences en termes de requis.

2.1 Informatique ambiante et requis

Un haut niveau d'intégration avec l'environnement physique signifie que les entités du monde réel doivent pouvoir jouer le rôle de ressources d'interaction. Or ces entités sont très diverses. Le système doit donc faire face à une hétérogénéité à grande échelle, pas seulement à une diversité de dispositifs limités par exemple à une gamme d'écrans. Le critère de mobilité indique que la disponibilité des ressources d'interaction peut varier selon le lieu. Par conséquent, un système à haut niveau de mobilité doit être capable de détecter dynamiquement l'arrivée et le retrait de ressources d'interaction.

En réponse aux problèmes d'hétérogénéité et de découverte de ressources, on assiste progressivement au développement d'infrastructures capables d'acquérir et de maintenir un modèle du contexte d'interaction. Ces infrastructures comme la ContextToolkit [4] ou les Contexteurs [16], renseignent les applications sur les attributs physiques des ressources d'interaction comme la taille, la couleur, mais aussi sur leur localisation dans l'espace, et de là, sur leurs relations spatiales. La connaissance des relations spatiales ouvre un nouveau champ d'investigation en Interaction Homme-Machine : les Interfaces Homme-Machine proximales.

2.2 IHM Proximales et Couplage

Les ConnectTables [18] sont constituées de deux tablettes que l'on peut assembler en les mettant bord à bord. De même, le Dynawall [17] comprend trois tableaux alignés verticalement bord à bord. Dans Synchronous Gestures [6], le système reconnaît les bords des tablettes mis en contact en les choquant l'une contre l'autre. Tous ces systèmes montrent comment le couplage de ressources peut s'appuyer sur les relations spatiales et notamment sur la proximité et le contact.

Une fois le couplage de surfaces effectué, l'utilisateur peut déplacer les pointeurs souris hors de leur écran natif et faire migrer et/ou distribuer les composants de l'Interface Homme-Machine. Par exemple, dans Augmented Surfaces [14], Rekimoto illustre cette possibilité où, par le biais des Hyperlinks, l'utilisateur fait migrer des fenêtres et des espaces de travail entre des calculateurs portables et une table augmentée. Le DynaWall permet également la migration de composants d'IHM, mais à un grain plus fin : celui du pixel. Dans ce cas, un espace de travail ou une fenêtre peut être à cheval sur deux surfaces (alors que dans le cas des surfaces augmentées de Rekimoto, l'unité de transfert est l'espace de travail - Panel ou fenêtre). La migration au niveau du pixel implique l'application de transformations affines sur les espaces numériques (composition de rotation, translation et facteur d'échelle) de sorte que la continuité visuelle soit assurée entre des surfaces de résolution, d'orientation et de localisation différentes [9].

2.3 Synthèse

Les exemples de l'état de l'art mettent en évidence les requis suivants :

- Découverte et identification de ressources d'interaction hétérogènes.
- Modélisation des relations spatiales entre les ressources d'interaction.
- Migration et distribution d'IHM.
- Couplage de ressources d'interaction fondé sur les relations spatiales (contact et/ou proximité).

Certains systèmes comme les ConnectTables assurent la découverte dynamique de ressources d'interaction par couplage, mais les relations spatiales possibles sont pré-cablées : les tablettes doivent être connectées par leur bord haut. Dans les surfaces augmentées de Rekimoto, la distribution/migration d'IHM s'effectue au niveau de l'espace de travail alors que l'on pourrait souhaiter dans le cas général, une migration/distribution plus fine au niveau du pixel. Le Dynawall permet ce niveau fin, mais n'inclut pas de découverte dynamique de ressources : le couplage des tableaux est statique. Les ConnectTables, comme le démonstrateur de Baudish sur les gestes synchronisés, acceptent le couplage dynamique, mais les ressources d'interaction sont homogènes tout comme les systèmes d'exploitation sous-jacents. En somme, à notre connaissance, les systèmes actuels permettant le couplage dynamique de ressources hétérogènes ne satisfont pas l'ensemble des critères susmentionnés.

Ambient-Desktop et les intergiciels que nous avons développés, I-AM et l'infrastructure de Contexteurs, visent une plus grande généralité du couplage.

3. INTERGICIELS ET COUPLAGE

La Figure 1 représente les niveaux de service que nous avons développés pour répondre au problème du couplage de ressources d'interaction hétérogènes tout en permettant la migration des IHM au niveau du pixel. Dans la couche du bas, les capteurs physiques détectent la proximité d'entités physiques jouant le rôle de surface. Les contexteurs fournissent les services logiciels de découverte et de localisation de ces ressources. I-AM prend en charge les mécanismes de base pour le couplage et la migration et la distribution des IHM au niveau du pixel. Au niveau le plus haut, Ambient-Desktop s'appuie sur les services d'I-AM et des contexteurs pour assurer le couplage de bureaux. Dans les sections qui suivent, nous présentons ces services en détail.

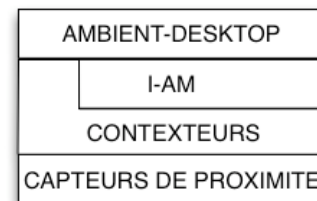


Figure 1. Décomposition fonctionnelle de notre solution

3.1 Les Capteurs de Proximité

Nous avons développé notre propre capteur de proximité pour les raisons suivantes :

- La solution RFID proposée par les ConnectTables est difficile à mettre en œuvre car elle nécessite l'utilisation d'antennes dont la consommation électrique serait trop pénalisante en situation mobile.
- Les accéléromètres utilisés par Hinckley, permettent uniquement de détecter les côtés mis en jeu par le couplage de surface. Ainsi des surfaces heurtées comme le cas A ou le cas B de la Figure 2 produira l'interprétation C.

Nous développons donc un capteur à faible consommation pour une utilisation en mobilité, mais pouvant fournir plus de précision concernant les relations spatiales entre les surfaces.

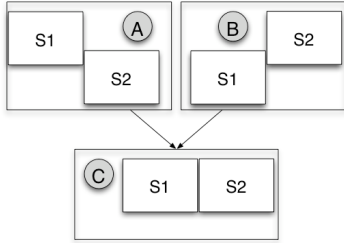


Figure 2. Couplage par gestes synchronisés et interprétation.

Comme le montre la Figure 3, notre capteur de proximité comprend un module principal, le PIC 16C745, quatre modules satellites d'émission/réception infrarouge et un connecteur USB permettant de faire le lien avec un ordinateur. Les modules satellites sont fixés sur les entités physiques dont on souhaite détecter la proximité. Par exemple, dans le cas d'Ambient-Desktop, les entités physiques sont des écrans. Un module satellite est placé sur chaque bord d'écran (voir Figure 3). Il y a détection de proximité lorsque deux satellites appartenant à des écrans différents « se voient ».

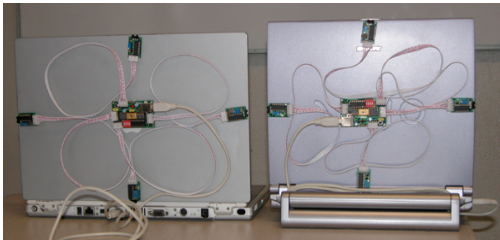


Figure 3. Portables équipés de notre capteur de proximité.

Les modules satellites et le module principal consommant peu d'énergie, l'alimentation fournie par le bus USB suffit. L'utilisation de ce mode d'alimentation permet d'alléger le poids du dispositif de capture : une source d'alimentation fixe est exclue en informatique mobile et l'utilisation de batteries annexes entraînerait un surpoids, ou diminuerait l'autonomie du capteur.

3.1.1 Le module principal

Le module principal PIC 16C745 assure les missions suivantes :

- Contrôle des modules satellites d'Emission/Réception (E/R),
- Coordination des travaux, processus d'acquisition et de traitements des données,
- Communication avec la machine hôte à laquelle il est connecté.

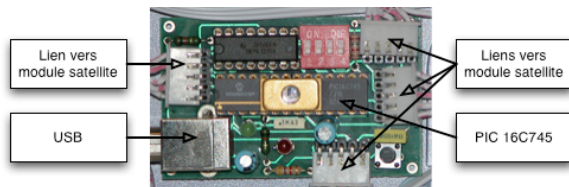


Figure 4. Module principal de notre capteur de proximité.

La fonction de contrôle correspond au cadencement des émissions de signaux de découverte. Un signal de découverte est émis régulièrement par chaque module satellite. Comme le montre le cycle de la Figure 5, le module principal commence par écouter pendant un temps aléatoire T ($T < 10 \text{ ms} - \text{Te}$) puis il émet le signal de découverte à destination d'un hypothétique module voisin (message 3 de la

Figure 6). Enfin, s'il reste du temps avant la fin du cycle (chaque cycle dure 10 ms), le module principal écoute à nouveau. Ce procédé permet :

- d'augmenter la probabilité de découverte (ou de disparition),
- d'être indépendant du démarrage des différentes machines (pas de synchronisation entre les machines),
- de permettre à deux entités physiques de se détecter plus rapidement par proximité.

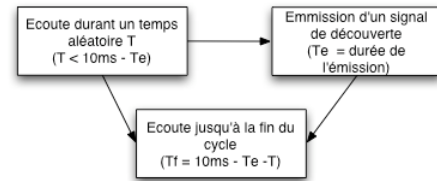


Figure 5. Cycle d'émission/réception du module principal.

Comme le montre la Figure 6 (messages 4 à 9), quand deux entités physiques se détectent, elles échangent des données via les modules satellites. Les données comprennent :

- Un identifiant d'entité. Dans notre cas, l'adresse IP de la machine hôte de l'entité physique.
- Un identifiant de face. Un code correspondant à la face sur laquelle se trouve le module satellite (haut, bas, droite ou gauche).
- Des codes de détection d'erreur permettant la suppression des messages incomplets pour éviter la découverte de voisin fantôme.

La transmission des données entre deux modules satellites d'ordinateurs voisins s'effectue à l'aide du protocole IrDA [7] garantissant une liaison fiable.

La fonction de coordination des travaux assure que la fréquence de détection de chaque module E/R est d'au moins 25 Hz tout en régulant la consommation. Pour économiser de l'énergie, quand un module satellite E/R a détecté la proximité d'un autre module satellite, le module principal lui ordonne de ne plus émettre le signal de découverte pendant un certain temps. Pendant ce temps, les autres modules E/R continuent à fonctionner normalement.

La fonction de communication du module principal avec l'hôte est réalisée par une liaison sur le bus USB. L'utilisation de ce mode de connexion offre les avantages suivants : (1) un faible coût de l'interface, (2) une alimentation via le câble, (3) une indépendance vis-à-vis des machines hôtes, (4) Hot Plug & Play, (5) une liaison fiable et sécurisée, (6) un mode veille lorsque l'on n'utilise pas le dispositif.

3.1.2 Les modules satellites

Les modules satellites ne sont que des transmetteurs/récepteurs infrarouges. Comme le montre Figure 6, ils n'ont d'autres fonctions que

- l'émission des données transmises par le module principal vers l'extérieur (par exemple le message 9 de la Figure 6).
- la réception de données externes qui sont transmises vers le module principal (par exemple le message 8 de la Figure 6).

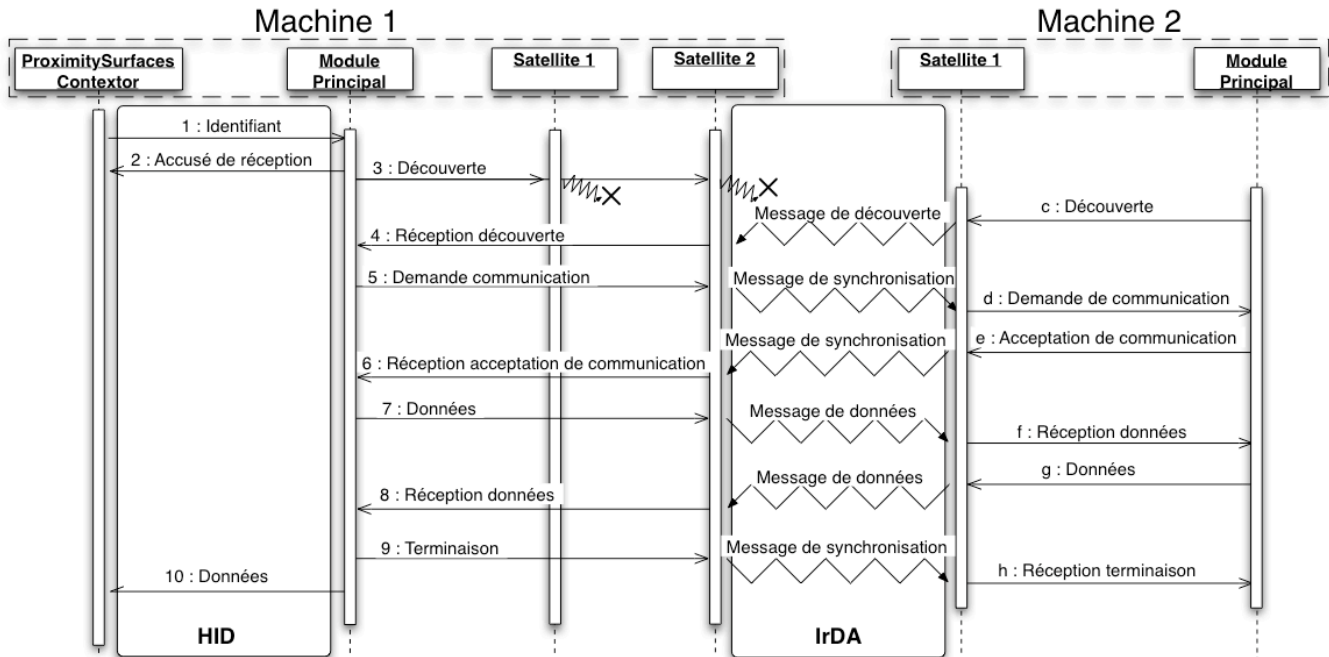


Figure 6. Diagramme de séquence de la détection d'un couplage entre deux machines. Pour plus de clarté, deux modules satellites ont été supprimé pour la machine 1 et seul le module principal et un satellite sont représentés sur la machine 2.

3.1.3 Sur la machine hôte

Du point de vue de l'hôte, le module principal entre dans la catégorie des périphériques HID [5]. Cette catégorie est la plus utilisée et est reconnue par une grande variété de systèmes d'exploitation (Windows, Mac, ...), ce qui garantit une meilleure portabilité du capteur de proximité.

Dans notre cas, un *ProximitySurfacesContextor*, fonctionnant sur la machine hôte, pilote le capteur de proximité. Il informe le capteur de la machine sur laquelle il fonctionne de son identifiant d'entité (messages 1 et 2 de la Figure 6) et réceptionne les données de couplage du capteur (message 10 de la Figure 6).

3.2 Les Contexteurs

Les contexteurs forment une infrastructure répartie de capture du contexte d'interaction [16]. Cette infrastructure s'auto construit dynamiquement par assemblage d'agents logiciels, les contexteurs, qui, ensemble, fournissent les données contextuelles requises par des processus clients. Dans le cadre du travail présenté ici, I-AM est un tel client. Ce client est intéressé de connaître, à tout instant, l'ensemble des surfaces disponibles dans l'espace d'interaction, de même que les relations spatiales entre ces surfaces.

Sur chaque machine IP couplable, un *SurfacesContextor* s'exécute en permanence pour scruter l'arrivée et le départ des entités physiques reliées à cette machine jouant le rôle de surface. Par défaut, tout écran joue le rôle de surface. De plus, pour chacun des écrans d'une machine, le *SurfacesContextor* fournit sa résolution actuelle en pixels, sa taille en cm, la taille de chacun de ses bords ainsi que le type (TFT/CRT) de l'écran. L'utilisation de ces données par I-AM est décrite dans [9].

Pour l'application qui nous intéresse, l'infrastructure des contexteurs doit également détecter les relations spatiales entre les surfaces et notamment la proximité de deux surfaces. L'idée,

reprise du scénario de l'introduction, est de coupler des surfaces par proximité afin d'obtenir un espace d'affichage unifié. Pour cela, l'infrastructure inclut pour chaque machine IP :

- un *ProximitySurfacesContextor* qui encapsule le capteur de proximité décrit ci-dessous, ou
- un *IAMLinksContextor* basé sur un capteur logiciel.

Ces deux contexteurs envoient à leurs clients (dans notre cas I-AM) le même type d'information. C'est-à-dire la liste des liens entre la machine où s'exécute le contexteur et ses voisins.

3.3 I-AM (Interaction Abstract Machine)

I-AM est une machine du même niveau d'abstraction que les gestionnaires graphiques de base comme Xwindow. Ces gestionnaires gèrent les ressources d'interaction d'une station de travail dont ils assurent le partage entre les applications clientes. Comme ces gestionnaires, I-AM est un intergiciel orienté Interaction Homme-Machine, mais I-AM en étend la couverture fonctionnelle pour tenir compte des requis de l'informatique ambiante. En effet, I-AM permet la construction dynamique d'espaces interactifs dont les surfaces et les instruments sont gérés par des stations de travail distinctes exécutant des systèmes d'exploitation éventuellement différents (MacOS, Windows), et donne l'illusion, au programmeur comme à l'utilisateur, que ces ressources sont gérées de manière uniforme par une seule station de travail. Plus spécifiquement, I-AM :

1. Masque l'hétérogénéité du matériel et des systèmes d'exploitation sous-jacents au bon niveau d'abstraction. Cette fonction est assurée en projetant les services d'I-AM dans les termes des systèmes d'exploitation sous-jacents.
2. Intègre les services de découverte dynamique de ressources d'interaction grâce à l'infrastructure de contexteurs.
3. Modélise les relations spatiales entre les ressources d'interaction (et en déduit une topologie des surfaces). Ce

service est assuré grâce aux informations fournies par l'infrastructure de contexteurs.

4. Permet la distribution et la migration des IHM graphiques au niveau du pixel. Ce service est assuré par une fonction de projection (une transformation affine) entre les espaces numériques et la topologie des surfaces.

Une description détaillée d'I-AM est présentée dans [9]. Ici, nous en montrons l'exploitation avec la mise en œuvre d'Ambient-Desktop.

4. Ambient-Desktop

Ambient-Desktop offre à l'utilisateur des techniques d'interaction pour configurer à façon son espace de travail. La (re)configuration s'effectue par couplage de surfaces, avec pour conséquence, le couplage de bureaux (au sens desktop des stations de travail usuelles).

Ambient-Desktop se doit de garantir l'observabilité du couplage (l'utilisateur doit pouvoir en évaluer l'état), la curabilité (un couplage non désiré doit pouvoir être défait), la prévisibilité (l'utilisateur doit pouvoir prédire l'effet d'un couplage) et l'honnêteté (l'état observable d'un couplage doit être conforme à l'état interne et doit être compris correctement par l'utilisateur).

Dans les sections qui suivent, nous présentons les techniques d'interaction pour le couplage/découplage de surfaces, conçues dans le respect de ces propriétés d'utilisabilité. Nous montrons ensuite un exemple de gestion de fichiers lorsque plusieurs bureaux sont couplés.

4.1 Couplage/découplage de surfaces

La Figure 7 montre deux plates-formes dont les surfaces sont couplables [1] mais pas encore couplées : des halos bleus entourant chaque écran expriment cet état. Ces halos indiquent que chaque écran est un domaine fermé : sur chaque surface, l'espace d'interaction est « fermé », restreint à cette surface. Le fait que les halos sont de couleur identique indique que les surfaces sont couplables.



Figure 7. Un espace d'interaction dont les deux surfaces sont couplables.

À l'heure actuelle, la fonction obtenue par couplage de surface est l'extension de la surface d'affichage. Dans l'exemple de la Figure 7, toutes les surfaces disponibles sont couplables. Mais on peut imaginer d'autres fonctions de couplage, par exemple la fonction « extension de la surface d'affichage par classe de dispositifs ». Dans ce cas, tous les écrans couplables de stations de travail auraient par exemple des bordures bleues, ceux des PDA couplables auraient des bordures rouges alors que les murs interactifs couplables auraient des bordures vertes.

Ambient-Desktop offre trois techniques d'interaction de couplage de surfaces: (1) Click&Couple, (2) Couplage par proximité, (3) Couplage via un configurateur.

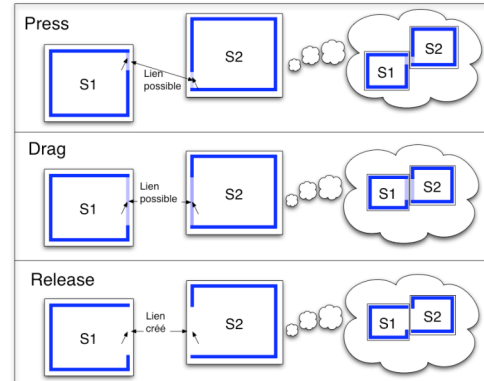


Figure 8. Couplage par Click&Couple.

4.1.1 Click&Couple

Cette technique inspirée de [12] a été décrite en [1]. Nous en rappelons brièvement le fonctionnement. En utilisant simultanément une souris sur chacune des surfaces S1 et S2 à coupler, l'utilisateur réalise deux « press » synchronisés (Figure 8 Press). L'effet immédiat est l'ouverture temporaire d'une passerelle rendant prévisibles les effets du couplage des deux surfaces mises en jeu. Les deux souris expriment alors les points de liaison entre S1 et S2. Si l'utilisateur souhaite obtenir une continuité visuelle, il doit ajuster l'alignement des deux souris par des « drag » (Figure 8 Drag). Le couplage n'est effectif qu'au relâchement synchronisé des boutons des deux souris. Alors, une passerelle « définitive » est ouverte entre les deux espaces interactifs (Figure 8 Release). Un halo bleu entoure l'ensemble des deux surfaces avec un passage entre les deux surfaces. De plus, un feedback apparaît sur S1 et sur S2 (Figure 12C) à la manière des tablettes de Hinkley [6] pour symboliser la liaison. En agissant sur ce feedback, il est possible de casser les liaisons, donc de découpler. Plusieurs modes sont envisagés et seront évalués ultérieurement par des expérimentations auprès d'utilisateurs représentatifs :

- deux « clics » synchronisés sur le feedback dans l'idée de « deux souris pour coupler, deux souris pour découpler »,
- un seul « clic » sur l'un des deux feedbacks pour faciliter au maximum le découplage,
- l'utilisation de menu contextuel présentant moins de risque d'erreur que le point précédent, moins contraignant que le premier point mais allongeant la trajectoire d'interaction.

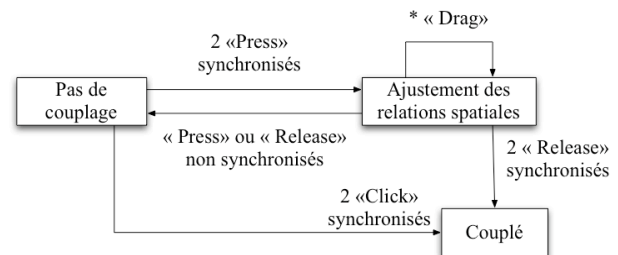


Figure 9. Automate Click&Couple.

Il est intéressant de noter que la technique Click&Couple permet le couplage de surfaces bord à bord. Dans l'espace d'interaction

créé, il n'y a aucune prise en compte des bords physiques des écrans (sans perte d'information entre les écrans). La Figure 9 présente une synthèse de l'automate Click&Couple qui peut également fonctionner sur le mode « clics » synchronisés si l'on veut s'abstraire de la phase d'ajustement.

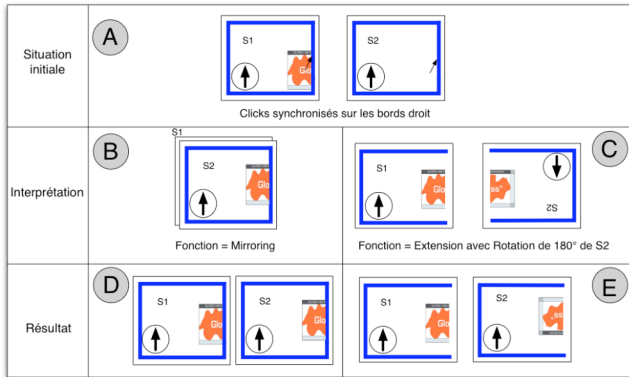


Figure 10. Problèmes d'interprétation avec le Click&Couple.

I-AM permettant la rotation des surfaces, la technique du Click&Couple peut conduire à des situations ambiguës. On considère deux surfaces S1 et S2, côte à côte comme le montre la Figure 10A. Deux clics sur les bords droits de deux surfaces peuvent engendrer deux interprétations possibles : la fonction « mirroring » (Figure 10B) ou en « extension de la surface d'affichage » (Figure 10C) avec rotation d'une des deux surfaces. Sur la Figure 10, les flèches à l'intérieur des écrans indiquent leur orientation relative. Ainsi en B, on constate une rotation de 180° de la surface S2 par rapport à S1. Suivant la fonction retenue par le système (mirroring ou extension) l'affichage sur S1 et S2 sera différent. Le cas D représente l'application de la fonction mirroring de S1 sur S2 ; le cas E de la fonction d'extension avec rotation. On constate dans ce dernier cas que l'affichage est erroné par rapport à l'agencement spatial physique des écrans. On rencontre ici les limites de la technique Click&Couple si l'on n'associe pas une fonction à une technique.

4.1.2 Couplage par proximité de surfaces

La deuxième technique possible est l'utilisation des détecteurs de proximité précédemment décrits. Pour coupler, l'utilisateur doit rapprocher physiquement les deux écrans et aligner deux modules satellites. Le couplage des surfaces équipées est immédiatement réalisé. La prise en compte ou non des bords physiques des écrans est à configurer. Contrairement à la technique Click&Couple. La position physique des capteurs ainsi que leur champ d'action n'autorise que la création de mosaïques de surfaces comme les DataTiles [15]; deux surfaces ne peuvent se superposer. Le découplage s'effectue simplement par l'éloignement des deux surfaces. On se place ici clairement dans l'interaction proximale [13] dont peuvent se passer le Click&Couple et le configurateur. En effet, ces deux techniques permettent de simuler la proximité sans pour autant que les surfaces soient physiquement en contact. Nous noterons cependant qu'il est peu envisageable de réaliser un Click&Couple si les surfaces sont trop éloignées.

4.1.3 Configurateur

Cette dernière technique utilise une IHM semblable, sur certains points, à ceux que l'on trouve pour l'ajout d'un écran sur la plupart des systèmes d'exploitation.

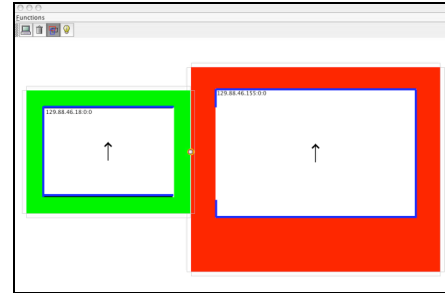


Figure 11. Configurateur avec deux surfaces, leurs bords physiques et une liaison.

Le configurateur dialogue avec I-AM pour détecter l'arrivée et le départ de surfaces. Tout comme les configurateurs actuels la manipulation directe des écrans permet de gérer leur arrangement. Nous avons ajouté les fonctionnalités suivantes :

- **Rotation des écrans.** Notre système pouvant être utilisé en situation mobile, les écrans mis en jeu pour le couplage de surfaces peuvent ne pas être orientés de la même façon, comme les ConnectTables. Ainsi les flèches au centre de chaque écran permettent de visualiser les orientations relatives des écrans.
- **Visualisation des bords physiques.** Lachenal [9] et Baudish [2] illustrent les problèmes liés à la présence de bords physiques aux écrans. Notre configurateur prend en compte cette information pour rendre la représentation de la topologie relative des surfaces aussi réaliste que possible (Figure 11).
- **Visualisation des frontières des surfaces.** La représentation des surfaces inclut une mise à jour en temps réel de la représentation des frontières sur chaque surface. Ainsi, si une liaison est créée et deux surfaces couplées, l'utilisateur peut anticiper la création des frontières. Les conséquences du couplage deviennent plus « prévisibles ».
- **Création automatique des liaisons associées à l'arrangement en cours.** Le configurateur s'appuie sur la simulation de la proximité des surfaces. La zone d'influence autour des bords des écrans est matérialisée et la création automatique des liaisons n'a lieu que si deux surfaces sont suffisamment proches dans le configurateur.
- **Création automatique de liaisons prédéfinies.** Lors de la phase de développement, nous avons constaté que nous créions systématiquement toujours le même ensemble de liaisons. Par exemple au bureau avec son portable et sa station de travail, le configurateur en mode « daemon » peut être paramétré de façon à recréer deux liaisons données lorsque les deux surfaces sont présentes.

De façon globale, notre système utilise l'infrastructure des contexteurs avec deux capteurs logiciels (Click&Couple et le configurateur) et un capteur matériel (capteur de proximité).

Cette phase de couplage de surfaces est exploitée par Ambient-Desktop pour fournir des fonctions de gestion de fichiers.

4.2 Gestion de fichiers

Le couplage de deux surfaces crée un espace d'interaction unifié comme si les deux surfaces étaient gérées par une seule machine. Or si dans le cas usuel d'ajout de surfaces un seul système de gestion de fichiers (SGF) est concerné, notre système permet d'en

faire cohabiter plusieurs. Comme le montre la Figure 12, deux bureaux se partagent le même espace unifié. Par manipulation directe des icônes, plusieurs fonctions sont possibles :

- **Réorganisation d'icônes.** Au sein d'une même surface, les icônes peuvent être réarrangées spatialement, comme avec n'importe quel bureau traditionnel, mais potentiellement par plusieurs souris simultanément.
- **Migration d'icônes.** La migration d'une icône d'une surface à l'autre provoque l'apparition (sur l'icône) d'une flèche de raccourci (Figure 12A). Celle-ci indique que le fichier représenté par l'icône ne se trouve pas sur le SGF relatif à la surface d'affichage.
- **Copie de fichiers.** Lors de la migration d'icônes, si l'utilisateur maintient enfoncée la touche shift du clavier couplée avec la souris (qui sert pour la manipulation), alors la migration se transforme en copie de fichiers. Un signe « + » apparaît sur l'icône pour symboliser la copie (Figure 12B).

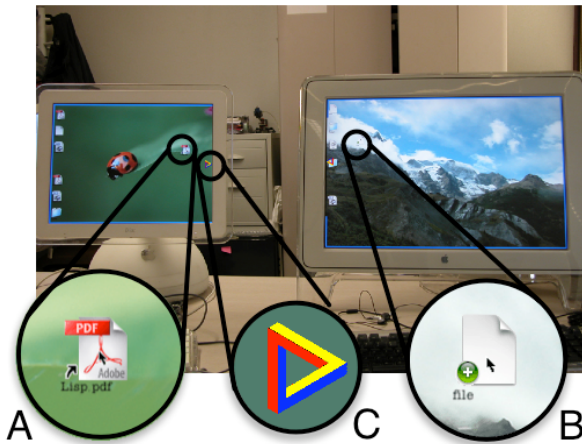


Figure 12. Surfaces couplées. A) Migration d'une icône. B) Copie d'un fichier. C) Feedback de couplage.

Ces fonctions sont offertes par les systèmes traditionnels. Elles sont ici étendues à l'interaction multisurface, multi-instrument et rendues possible par Ambient-Desktop. Nous avons volontairement omis de présenter la gestion des fenêtres qui est décrite dans Lachenal [9].

5. DISCUSSIONS

Nous venons de présenter notre système qui tente de répondre aux problèmes que nous nous sommes posés en introduction. Cependant un certain nombre de remarques et de problèmes émergent, principalement concernant les capteurs de proximité et Ambient-Desktop.

5.1 Capteur de proximité

La version actuelle de notre capteur de proximité est capable de gérer quatre satellites. Une version avec huit modules satellites est envisageable avec les mêmes composants. Cependant, au-delà de huit modules E/R, nous nous heurtons à plusieurs problèmes comme le manque de puissance du microcontrôleur PIC retenu et l'augmentation de la consommation d'énergie au-delà de la capacité du bus USB.

De manière à dépasser cette limite, nous prévoyons une nouvelle version de notre détecteur de proximité basée sur le

microcontrôleur PIC18F2455. Celui-ci permet une gestion approfondie de la consommation, l'utilisation des dernières versions de la norme USB (bande passante plus grande et plus de puissance fournie par le bus USB), ainsi qu'une fréquence de fonctionnement plus élevée.

Cependant, en attendant l'élaboration de notre nouveau prototype, il est tout à fait possible d'utiliser plusieurs détecteurs de proximité (module principal et ses quatre satellites) sur une même machine. La seule limite dans ce cas-là est le nombre de connecteurs USB dont dispose la machine.

De plus, la disposition actuelle des satellites a été choisie arbitrairement (un module au centre de chaque côté). Avec l'augmentation du nombre de capteurs, il sera nécessaire de revoir celle-ci. Il serait judicieux de privilégier les bords droit et gauche car la conception actuelle des écrans fait qu'il est plus simple de coupler via ces côtés.

Nous entrevoyons une utilisation de ce capteur pour des situations non mobiles. Par exemple, nous pourrions équiper les bords d'une table augmentée [3] de nos modules satellites créant ainsi des « points d'ancrages » pour des dispositifs mobiles (ou non) autorisant une utilisation proche des surfaces augmentées de Rekimoto.

5.2 Ambient-Desktop

Le premier rôle d'Ambient-Desktop est de couvrir les techniques d'interaction pour le couplage. L'étape préliminaire à tout couplage est de rendre observable à l'utilisateur le fait que les surfaces sont couplables. On a vu qu'il s'agit du rôle des halos bleus autour des écrans. Cependant, avec cette représentation, rien n'indique à l'utilisateur comment réaliser le couplage. La technique avec les capteurs de proximité semble simple, mais n'est cependant pas triviale. En effet, comme le montre la Figure 3 les écrans sont équipés au dos par les capteurs. Ainsi l'alignement des capteurs devient difficile, car ceux-ci sont invisibles du fait de leur position arbitraire. Il est difficile d'aligner les capteurs de surfaces de taille différente. Les capteurs physiques pourraient donc être représentés à l'écran par un feedback qui aiderait les utilisateurs à les aligner correctement.

Les exemples que nous avons présentés ici, se réfèrent principalement à une seule fonction pour le couplage de surfaces : « extension de la surface d'affichage ». Or on peut envisager de multiples fonctions (comme le mirroring ou la métaphore du peintre par exemple) qui s'appliqueraient simultanément sur un même ensemble de surfaces. Ceci est théoriquement rendu possible par le fait que chaque application peut choisir son interprétation de la topologie physique des écrans. Par exemple, soient S1 et S2 deux surfaces. Un visualisateur de photos fonctionne en demandant une extension de la surface d'affichage (Figure 13 A). Parallèlement un éditeur de dessins fonctionne suivant la métaphore du peintre comme dans le Pick-and-Drop [11](Figure 13 B). On peut supposer mettre à jour les halos bleus en fonction de l'application courante dans un cas mono-pointeur. Dans le cas où les deux applications auraient le focus simultanément, nous ne pouvons prédire quel rendu sera le plus judicieux, ou s'il faut interdire ce type de configuration.

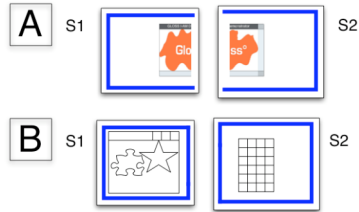


Figure 13. (A) S1 et S2 en "extension d'espace d'affichage" (B) S1 et S2 complémentaires en "métaphore du peintre".

Le problème de la détermination de la fonction résultant du couplage de deux surfaces reste ouvert. Nous avons proposé une technique (Click&Couple) qui nous permet de créer des liaisons entre deux surfaces. Cette technique peut-elle être étendue pour le couplage de n surfaces? Devrait-elle être utilisée uniquement pour la spécification des relations spatiales? Comment, dans ce cas, indique-t-on la fonction résultant du couplage? Ces questions se posent également pour les capteurs de proximité et le configurateur.

Enfin, nous avons laissé dans la manipulation des fichiers toutes les libertés. Cependant, il sera intéressant de se pencher de façon générale sur les problèmes de protection de la vie privée en restreignant par exemple l'accès aux icônes. On pourrait n'autoriser que les souris couplées avec la machine gérant physiquement les fichiers. Un autre type de solutions intéressantes a été apporté par Dynamo [8] avec les « carved region ». Ces remarques font partie des perspectives à ce travail que nous développons en conclusion.

6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ambient-Desktop se présente comme une solution permettant, grâce aux capteurs de proximité de réaliser simplement et rapidement le couplage de deux surfaces. Nous proposons également deux solutions alternatives : Click&Couple et un configurateur. Ces trois techniques permettent l'utilisation d'Ambient-Desktop en situation mobile autorisant la création opportuniste d'espaces d'interaction par couplage. Au sein de ces espaces, l'utilisateur peut, par exemple, réaliser des copies de fichiers ou la manipulation d'applications dont les IHM graphiques peuvent migrer ou être distribuées. Notre système peut cependant être amélioré.

Sur le plan matériel, nous envisageons le développement d'un capteur de proximité avec un nombre de satellites plus important. Nous prévoyons également d'ajouter un capteur d'orientation pour couvrir des topologies non planaires de surfaces.

Nous avons à plusieurs reprises proposé des choix arbitraires comme la procédure de découplage du Click&Couple ou dans le choix des halos comme délimiteur d'espace d'interaction. Nous tenons donc à évaluer de façon expérimentale les techniques que nous venons d'exposer afin de proposer un Ambient-Desktop utile et utilisable.

7. REMERCIEMENTS

La partie I-AM de ces travaux a été développée dans le cadre du projet européen GloSS (FET, IST-2000-26070). Nous remercions particulièrement Christophe Lachenal pour ses travaux sur I-AM.

8. REFERENCES

[1] Barralon N., Lachenal C., Coutaz J. *Couplage de ressources d'interaction*. IHM'04 Belgique, pp.13-20.

[2] Baudisch, P., Cutrell, E., Hinckley, K., and Gruen, R. Mouse Ether: Accelerating the Acquisition of Targets Across Multi-Monitor Displays. In CHI 2004 Extended Abstracts (short paper), Vienna, 2004, pp. 1379-1382.

[3] Bérard, F. The Magic Table: Computer-Vision Based Augmentation of a Whiteboard for Creative Meetings. In *IEEE workshop on Pro-CamS*, France, 2003.

[4] Dey A.K., Salber D., Abowd G.D., A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of context-Aware Applications, anchor article of a special issue on Context-Aware Computing, HCI Journal, Vol. 16, 2001.

[5] HID: Human Interface Device. <http://www.usb.org/developers/hidpage/>

[6] Hinckley, K. Synchronous Gestures for Multiple Persons. In UIST'03, Vancouver, Canada, 2003, pp.149-158.

[7] IrDA: InfraRed Device Association. <http://www.irda.org/>

[8] Izadi S., Brignull, H. Rodden, T. Rogers, Y. Underwood, M. Dynamo: a public interactive surface supporting the cooperative sharing and exchange of media., In Proceedings of UIST 2003. Vancouver, Canada, 2003.

[9] Lachenal, C. Modèle et Infrastructure Logicielle pour l'Interaction multi-instrument, multi-surface. PhD Thesis, Université Joseph Fourier, December 2004, 185 pages.

[10] Lyytinen, K. and Yoo, Y. Issues and Challenges in ubiquitous Computing. Communications of the ACM, 45(12), 2002, Pages 62-65.

[11] Rekimoto, J. Pick-and-Drop: A Direct Manipulation Technique for Multiple Computer Environments, In Proceedings of UIST'97

[12] Rekimoto, J., Ayatsuka, Y., Kohno, M. SyncTap: An Interaction Technique for Mobile Networking. In Proc of MOBILE HCI 2003, Udine, Italy, 2003, pp.104-115.

[13] Rekimoto, J., Ayatsuka, Y., Kohno, M., Oba, H. Proximal Interactions: A Direct Manipulation Technique for Wireless Networking. In Interact'03, Zürich, pp.511-518.

[14] Rekimoto, J., Saitoh, M. Augmented Surfaces: A spatially continuous work space for hybrid computing environments. In CHI'99, Pittsburg, 1999, pp.378-385.

[15] Rekimoto, J., Ullmer, B., Oba, H. DataTiles: A Modular Platform for Mixed Physical and Graphical Interactions. In Proceedings of CHI'01, Seattle, 2001, Pages 269-276.

[16] Rey G., Coutaz J. *Le Contexteur : Capture et distribution dynamique d'information contextuelle*. Mobilité et Ubiquité, ACM Publication, 2004, pp 131 à 138.

[17] Streitz, N., Geibler, J., Holmer, T., Konomi, S., Müller-Tomfelde, C., Reischl, W., Rexroth, P., Seitz, P., Steinmetz, R. i-Land: An interactive Landscape for Creativity and Innovation. CHI 1999, Pages 120-127.

[18] Tandler, P., Prante, T., Müller-Tomfelde, C., Streitz, N., Steinmetz, R. ConnecTables: Dynamic Coupling of Displays for the Flexible Creation of Shared Workspaces. In Proceedings of UIST'01, Orlando, 2001, pp.11-20.

[19] Weiser, M. The computer for the 21st century. Scientific American, 1991. Pages 94-104