



**HAL**  
open science

## La continuité, une idée-force de design pour l'architecture graphique des systèmes interactifs

Jean-Luc Vinot, Stéphane Conversy

### ► To cite this version:

Jean-Luc Vinot, Stéphane Conversy. La continuité, une idée-force de design pour l'architecture graphique des systèmes interactifs. 27ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine., Oct 2015, Toulouse, France. pp.a15, 10.1145/2820619.2820634 . hal-01218683

**HAL Id: hal-01218683**

**<https://hal.science/hal-01218683>**

Submitted on 21 Oct 2015

**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.

# La continuité, une idée-force de design pour l'architecture graphique des systèmes interactifs

Jean-Luc Vinot

Université de Toulouse - ENAC  
7 av. E. Belin, 31055 Toulouse, France  
jean-luc.vinot@enac.fr

Stéphane Conversy

Université de Toulouse - ENAC  
7 av. E. Belin, 31055 Toulouse, France  
stephane.conversy@enac.fr

## RÉSUMÉ

La continuité réfère à notre capacité à mettre du lien entre des objets, actions ou événements présentant une proximité ou similarité dans l'espace ou dans le temps, pour en faire les parties comprises d'un tout. Nous pensons que le *concept de continuité* est un outil particulièrement adapté pour répondre à la complexification des interfaces graphiques des systèmes interactifs. Nous proposons ce concept comme une nouvelle *idée-force* pour le design de l'interaction. À partir d'apports multidisciplinaires nous formulons le *concept de continuité* pour l'interaction homme-machine et présentons les résultats d'une démarche de recherche orientée design sur l'apport du concept pour l'architecture graphique des systèmes interactifs.

## Mots Clés

Concept; continuité; discontinuité; Design; interfaces graphiques utilisateur; idée-force d'interaction.

## ACM Classification Keywords

H.5.m. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous.

## INTRODUCTION

L'évolution des interfaces graphiques des systèmes interactifs, systèmes critiques comme ceux des cockpits avion ou grand-publics comme les ordinateurs personnels, est caractérisée par une augmentation continue du nombre d'informations accessibles. Ces systèmes supportent des activités complexes, dont la réalisation exige l'utilisation conjuguée par les opérateurs de nombreuses données et de multiples écrans, vues, applications ou ressources. Cette complexification des usages et de l'interface pose des problèmes aux utilisateurs en termes de capacité perceptive (densité, concurrence, fractionnement de l'information) et d'utilisabilité (segmentation, interruption, permutation continue des tâches).

La *continuité* réfère à notre capacité à « mettre du lien » entre des objets, actions ou événements présentant une proximité ou similarité dans l'espace ou dans le temps, même s'ils sont physiquement ou perceptivement séparés, pour en faire les parties comprises d'un tout « d'une seule tenue ». Cette capacité répond à un besoin de

simplification et de structuration de la perception visuelle humaine. C'est à partir de cette capacité à percevoir les continuités [25] que nous pouvons lire aisément un texte, parcourir et appréhender visuellement les images, structures ou représentations graphiques [9]. De façon symétrique, la recherche et l'identification visuelles d'éléments d'information utiles, la discrimination d'un objet particulier, d'un caractère typographique parmi d'autres, sont rendues possibles par la présence de ruptures, de contraste ou de saillances, formant des discontinuités perceptives [34]. Continuité et discontinuité forment ainsi les principes consubstantiels d'une lecture performante et structurée des formes et des espaces, qui permettent de construire une image mentale cohérente et continue du monde et de la situation. Ces principes de *continuité* et *discontinuité* ont été mis en œuvre et formalisés sous la forme de propriétés, règles, lois, ou concepts par de nombreux champs disciplinaires.

Nous pensons que le concept de continuité est un outil particulièrement adapté pour répondre à cette complexification de l'interface des systèmes interactifs. Dans cet article, à partir d'une exploration pluridisciplinaire du concept, nous formulons un *concept de continuité* pour l'interaction homme-machine en restituant les résultats d'une démarche de recherche orientée design. Nous identifions six dimensions et quatre principes pour le design de la continuité et présentons l'élaboration du concept dans le cadre d'une problématique d'utilisabilité des interfaces graphiques. Nous illustrons sa mise en œuvre au travers de trois exemples et pour deux contextes d'application : systèmes critiques aéronautiques et systèmes grand-public. Dans cette démarche de *design créatif*, le travail n'a pas été organisé sous la forme d'un processus linéaire : les différents processus, d'analyse théorique du concept, de formalisation des dimensions et principes, ou d'exploration de designs ont été fortement mêlés et itérés.

La nature de notre contribution est celle d'une *idée-force*, ou « *strong concept* » [21]. Une *idée-force* est une forme de représentation des connaissances, de niveau d'abstraction intermédiaire entre cas particuliers et théorie, à l'exemple de concepts tels que la manipulation directe ou l'interaction instrumentale [3]. Une *idée-force d'interaction* [21] est caractérisée par les propriétés essentielles suivantes : être génératif, porter une idée centrale applicable à différentes situations ou domaines d'application, intégrer un comportement interactif, être un élément de design ou une part d'un artefact renvoyant

à un usage, et enfin présenter un niveau d'abstraction se situant au delà du cas particulier. Nous montrerons comment l'idée-force de continuité possède ces propriétés. Cette idée-force de design doit servir aux chercheurs et aux concepteurs à penser et instrumenter les relations graphiques et interactives entre parties et tout des systèmes interactifs.

## PRINCIPES ET CONCEPTS DE CONTINUITÉ

### Une exploration pluridisciplinaire du concept.

Lois, principes, règles ou propriétés, le concept de continuité est présent dans de nombreux champs disciplinaires : dans les sciences dites formelles comme les Mathématiques, dans les sciences dites naturelles comme en Physique, dans les sciences humaines comme la Psychologie, mais aussi dans des domaines entre sciences, arts et techniques comme l'Architecture, les Arts plastiques ou le Design. Nous avons mené une large exploration du concept de continuité, au travers des acceptions ou des usages propres aux différents champs disciplinaires, et intéressants notre problématique IHM. Nous n'en reportons ici que quelques exemples, qui concernent plus particulièrement la perception visuelle et la structuration de la forme et de l'espace.

#### Continuité perceptuelle et continuité de sens

La psychologie de la forme, ou théorie *Gestalt* proposée au début du XXe siècle [25], s'intéresse aux processus de la perception comme à un tout, la « forme », correspondant à un ensemble structuré de parties ou détails visuels. Elle propose cinq lois de la Gestalt pour une perception organisée de ces structures. La loi de continuité Gestalt énonce un principe de la perception qui nous impose de percevoir des stimuli visuels similaires et rapprochés comme les prolongements d'une même forme continue. La continuité intervient lorsque la vision suit un tracé coupé par des éléments de premier plan, mais également un ensemble d'objets séparés formant visuellement un alignement ou une trajectoire.

Dans le support publicitaire (détail) présenté Figure 1, le designer graphique a mis en œuvre de façon explicite des principes de la perception visuelle humaine pour renforcer le message de la campagne publicitaire. L'image produite utilise le principe Gestalt de continuité pour affirmer visuellement et « prouver » au lecteur que la boîte de pâté pour chat qu'il va acheter est constitué d'une tranche naturelle de chair, découpée au « cœur » du poisson frais



**Figure 1** : utilisation graphique (détail) du principe Gestalt de continuité pour une création publicitaire « Gourmet » de Friskies (Lowe Lintas Amsterdam)

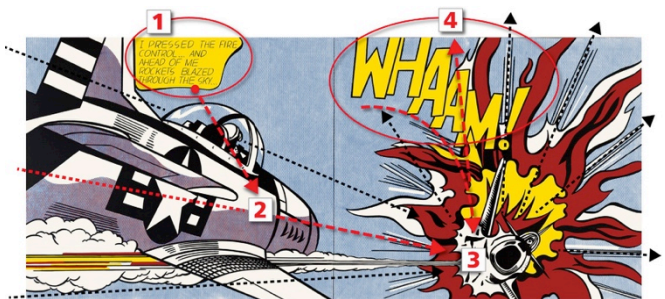
#### Continuité d'accès perceptuel et physique

L'approche écologique de la perception visuelle a été introduite par Gibson [19]. Pour Gibson la matière qui

compose l'environnement se répartit en trois catégories : le medium, les substances et les surfaces. Le medium comme l'air ou l'eau, est un élément continu, sans rupture, dans lequel les déplacements continus, visuels mais aussi physiques, sont possibles. Par exemple, il est possible d'accéder visuellement mais aussi d'évaluer la distance aux objets ou reliefs lointains en interprétant une désaturation progressive des couleurs due à la présence de particules d'eau dans l'air qui modifie la lumière perçue. A contrario, les substances forment les objets. Les surfaces (ou discontinuités) correspondent aux frontières entre substances et medium. Ces discontinuités sont le lieu d'interaction, de perception et d'action avec l'objet.

#### Composition graphique et continuité de lecture

Les artistes et designers mettent en œuvre finement les propriétés visuelles pour construire des structures de relation entre formes ou éléments visuels dans un espace de composition et de sens. « Whaam » de l'artiste américain Roy Lichtenstein, est l'une des œuvres les plus célèbres du mouvement Pop Art. Inspirée d'une bande dessinée de la revue All-American Comics, cette peinture illustre un des principes de la composition graphique utilisant les discontinuités et continuités visuelles pour permettre la lecture temporelle d'une image statique.



**Figure 2** : « Whaam », une peinture de Roy Lichtenstein (1963) inspirée de vignettes de bandes dessinées.

Annotée par nos soins, elle illustre la construction graphique d'une continuité temporelle dans une image statique.

Dans ce tableau, les discontinuités ou contrastes, de couleur par exemple comme le jaune des zones de saillance de l'information, et les continuités, comme la composition ou les rythmes graphiques imposent le sens et l'ordre de lecture de l'image. Ce parcours visuel est dirigé à partir de la zone en saillance de la bulle de texte (1), en haut à gauche de l'image, où est formulée l'intention de tirer du pilote ; de ce texte, le regard du spectateur est conduit à descendre à travers le cockpit sur le fuselage de l'avion, dont les lignes convergentes de la perspective (2) conduisent son attention sur la trace fumante (surlignée de jaune) du départ de la roquette ; en suivant cette direction visuelle, il aboutit au point de saillance constitué par l'avion ennemi au centre d'une explosion (3) ; explosion qui se développe et le conduit jusqu'au rendu graphique (graphème) du son produit par l'explosion « WHAAM » (4).

Dans l'art et notamment en arts graphiques, ces techniques de composition ont été théorisées, enseignées et utilisées depuis de nombreux siècles, pour permettre au designer

de construire plastiquement une expression de sens de la représentation et pour imposer au spectateur un parcours visuel de l'image. En IHM, des travaux comme [9], ont proposé de décrire de façon systématique ce mécanisme de codage graphique, par exemple à l'aide de la sémiologie graphique [5], d'un processus continu de lecture ou *scanning* des informations visuelles.

#### Limites et passages dans les espaces architecturaux

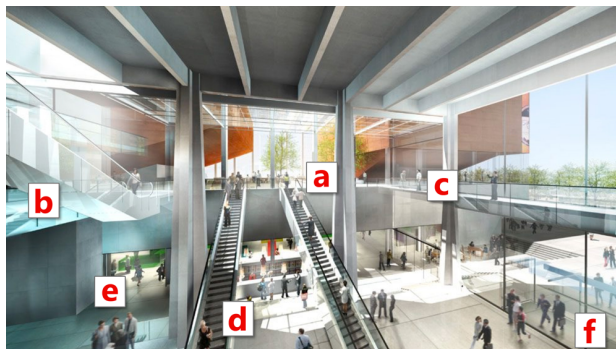


Figure 3 : Rendu architectural du nouveau centre de congrès de Nancy, Marc Barani architecte. (annoté par nos soins)

Dans l'architecture le concept de continuité est central. L'architecte utilise des éléments de discontinuité, les formes, pour matérialiser des limites, créer et structurer des espaces et édifier l'habitat. Il construit la continuité d'un *dispositif spatial* en articulant des relations de passage, ouvertures et circulations internes, en connexion avec les espaces externes, et s'adaptant au contexte et à l'environnement : conditions climatiques, topologiques, d'orientation au soleil, mais aussi historique, social ou d'usage [6]. La limite se situe à la transition de deux espaces, déterminant à la fois l'un en le distinguant et en l'articulant à l'autre qui lui est adjacent. Le passage traduit à la fois l'ouverture vers, la relation à, et la transition entre [37]. Avec ces principes de limites et de passages, l'architecte compose des continuités d'accès (de déplacement et d'interaction) perceptuels et physiques aux espaces fonctionnels de la structure spatiale.

La Figure 3 est un rendu architectural présentant le hall du nouveau centre de congrès de Nancy, réalisé par M. Barani. Le projet met en œuvre ces principes de limites et de passages de l'architecture contemporaine : création de larges espaces fonctionnels réalisés avec une grande économie de forme et de matière ; limites très ouvertes avec un surplomb d'un seul tenant de la dalle suspendue (a), niveaux ouverts en balcons (b), galeries latérales ouvertes (c), passages en plans inclinés (d)... ; un espace fortement connecté aux espaces adjacents par des circulations fluides, visuelles et physiques (e), avec de larges vitrages, des rampes, croisements, des passages, et une continuité de l'espace entre intérieur et extérieur (f).

#### Continuité de représentation des espaces urbains

L'urbaniste et architecte Kevin Lynch a été l'un des premiers chercheurs à s'intéresser à la perception de l'espace urbain et à analyser les représentations mentales des villes en termes d'images avec des critères tels que la

lisibilité, l'orientation ou la mémorisation [26]. Il crée le concept d'« imagibilité » des formes urbaines, ou leur capacité à faciliter la création d'images mentales partagées. Une forte imagibilité permet à l'utilisateur (habitant) de percevoir la ville comme une structure fortement continue, comme « un enchaînement d'objets distinctifs entretenant des relations claires ».

Dans son livre *The concise townscape*, l'architecte et urbaniste Thomas Gordon Cullen définit la continuité comme « un moyen simple de montrer comment un type d'espace est directement lié à un autre par les éléments physiques » [11]. Il propose le paradigme d'interaction d'un observateur en mouvement comme élément de base de la perception de l'espace construit, et de construction de l'image mentale du paysage urbain. Cette construction est réalisée à partir d'une vision sérielle de points de vue prélevés par l'observateur au cours de son cheminement (cf. Figure 4). Cullen définit ainsi la notion de « *serial vision* » comme un instrument conceptuel pour la lecture de la ville. Ces notions d'imagibilité et de lisibilité des structures d'espace et de vision sérielle d'éléments parcourus, décrivent la relation duale forme-détails entre une structure globale (ou image mentale) en continuité et des éléments ou points de vue discontinus.

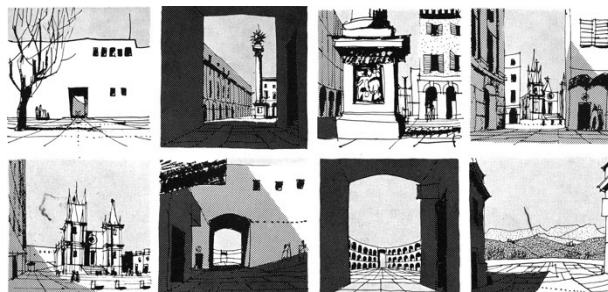


Figure 4 : Séquence de dessins illustrant la vision sérielle d'un observateur traversant une ville, extrait du livre de T. G. Cullen : *The concise townscape* [11]

#### Dimensions pour le design de la continuité

Basé sur cette exploration initiale, théorique et multi-disciplinaire, de la continuité nous avons identifié un ensemble de sens et d'acceptions du concept de continuité. Ces acceptions associant les principes consubstantiels de continuité - discontinuité constituent autant de dimensions pour le design de la continuité. Ces dimensions permettent de caractériser les formes et propriétés de continuité attendues entre objets graphiques ou formes d'interaction :

[D.1] **Identité** : La notion d'identité renvoie aux deux principes de discontinuité et de continuité qui la construisent de façon complémentaire. Identité-discrimination de l'objet dont la discontinuité même, de forme par exemple, le rend unique et permet son identification visuelle parmi tous les autres. Identité-appartenance de l'objet en relation structurelle à son environnement dont la similitude perceptuelle avec d'autres objets, formée par une ou plusieurs propriétés visuelles communes, l'intègre avec ces autres objets à un tout partagé (structure), qui l'organise et lui donne sens.

[D.2] **Liaison** : La notion de liaison correspond à une continuité réalisée dans l'espace ou vécue dans le temps. Relation dans l'espace d'éléments physiques accolés, accrochés, attachés, connectés les uns aux autres sans discontinuité. Succession temporelle de perceptions ou d'événements ne présentant pas de rupture apparente. La discontinuité caractérisera ici la relation particulière de distance entre ces objets, concrétisée par les espaces vides, ruptures visuelles ou silences qui les séparent.

[D.3] **Mouvement** : La notion de mouvement (continuité) s'oppose à la notion d'obstacle (discontinuité). Cette possibilité du mouvement, ou déplacement, est une fonction de l'espace physique ou temporel disponible à être parcouru (physiquement ou perceptuellement). Cet espace d'interaction en continuité d'accès est formé de discontinuités qui rendent lisible l'espace, limitent, forment et organisent les espaces internes en articulation avec l'environnement, et définissent les circulations.

[D.4] **Régularité** : La notion de régularité réfère à notre capacité à percevoir les similarités, égalités, alignements, ou ordonnancements visuels. La perception de ces régularités de composition spatiale structurent et rendent continue notre lecture du monde et des artefacts. Par exemple, la régularité des espacements visuels entre lettres, mots et lignes d'un texte permet à la fois à l'œil d'anticiper le saut oculaire prochain à effectuer pour se positionner sur le prochain groupe de lettres à lire, et le confort de lecture du texte.

[D.5] **Récurrance** : La notion de récurrance exprime la continuité, similitude ou répétition des structures de formes à différentes échelles (à l'exemple des fractales). Cette forme multi-échelles de la continuité présente une relation de type « objet englobant un objet similaire » ou de continuité « comportementale » des structures spatiales est intéressante pour penser les propriétés graphiques et interactives de représentations zoomables ou permettant un accès continu à l'information ou au niveau de détail.

[D.6] **Cohérence** : La notion de cohérence procède des notions précédentes, comme une propriété induite d'unité ou une nécessité explicite au design de la continuité. Concernant la continuité, elle réfère à l'existence de lois générales physiques ou comportementales qui impactent les objets perçus ou manipulés. Par exemple, l'éclairage d'une scène impactera tous les objets présents de manière cohérente, nous permettant de percevoir les reliefs ou l'orientation de surface des objets. La discontinuité est pour cette acception associable à une erreur (par exemple une erreur de conception de l'objet), mais est surtout intéressante pour penser la conception de saillances visuelles comme celle des alarmes.

## LA CONTINUITÉ : UNE PROBLEMATIQUE DE L'IHM

### Cloisonnement des processus et absence de continuité entre applications

Dans les systèmes interactifs, ordinateurs personnels, smartphones, que nous utilisons quotidiennement, nous devons sans cesse permuter entre de nombreux contextes

graphiques pour réaliser des tâches très différentes et manipuler des informations toujours plus complexes à l'aide de multiples ressources et outils logiciels. L'organisation de cet espace numérique d'interaction, au travers de l'interface graphique utilisateur (GUI) présente de fortes discontinuités. Ces discontinuités sont issues de choix et principes antérieurs d'architecture logicielle et de conception de l'interface, par exemple le système de gestion en fenêtres des applications du Windows Manager (ou en pages pour les applications smartphone), postule un principe de séparation logicielle, mais aussi graphique des processus à l'exécution. Ces principes contribuent à la robustesse du système (ex. protection contre les erreurs) et impliquent de bonnes propriétés pour l'utilisabilité des interfaces, notamment pour la réalisation séquentielle des tâches. À l'inverse, ces discontinuités structurelles entre des « lieux » visuels et interactifs cloisonnés et non connectés segmentent fortement l'usage conjoint de ressources multiples et augmentent la viscosité de l'espace d'interaction.

### Généricité graphique et manque de discontinuités entre représentations visuelles

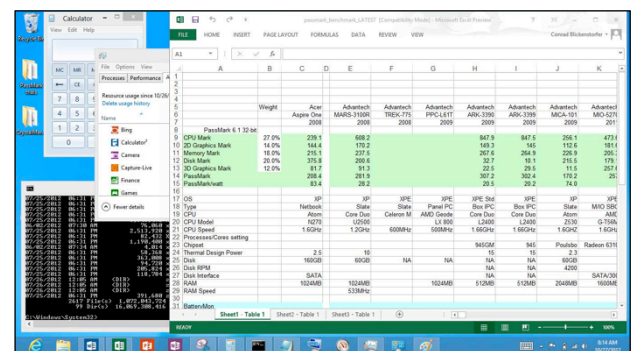


Figure 5 : Windows Modern UI (Metro), la mise en œuvre du style flat design peut entraîner une diminution des contrastes ou discontinuités visuelles

L'homogénéité et la généricité des représentations graphiques constituent un autre concept fondateur des interfaces graphiques utilisateur. Par exemple, elles sous-tendent les principes d'abstraction visuelle, de cohérence graphique et de style, des composants système (widgets) ou la réification graphique des données, actions ou fonctions. Ces objets graphiques de l'interface, typés en classes d'objets graphiques et affichés fréquemment en listes d'objets de même nature (comme la composition en colonne ou grille d'items du gestionnaire de fichiers), présentent le plus souvent des formes visuelles très similaires, perceptuellement peu discriminables. Ces représentations visuellement uniformes entre éléments et statiques dans le temps, n'aident pas l'utilisateur à chercher ou identifier un élément particulier par ses propriétés (par ex. de nature ou dimension des contenus), ni à percevoir les actions précédemment effectuées ou à faire avec ces éléments. Ainsi, l'évolution des styles graphiques à l'image du style Metro du Modern UI de Windows 8 (voir Figure 5), vers plus de sobriété et de cohérence entre dispositifs, gomme encore davantage les

contrastes ou discontinuités entre objets graphiques. Ce mode de représentation, notamment pour des contextes d'affichage complexes, peut engendrer une diminution de la saillance visuelle des objets d'intérêt et contrarier la continuité de l'interaction.

#### *Augmenter les continuités et renforcer les discontinuités*

Ainsi les GUI actuels présentent paradoxalement trop de limites ou discontinuités et pas assez de passages ou continuité graphiques et interactives entre processus applicatifs pour supporter l'usage simultané de multiples applications. Au contraire, il n'existe pas de mécanisme global permettant de gérer la concurrence, la hiérarchie ou la particularisation visuelles entre les différents objets et composants graphiques affichés simultanément à l'écran : pas assez de discontinuités ou saillances et trop de continuité ou généricité graphiques entre objets et représentations d'information.

#### **État de l'art**

De très nombreux travaux et publications de l'IHM, ont interrogé ces problèmes d'utilisabilité des interfaces graphiques. Une partie de ces travaux de recherche a plus spécifiquement apporté des contributions que nous pouvons associer au concept de continuité et qui relèvent de questions graphiques intéressant notre problématique. Nous présentons ici de façon très synthétique quelques uns de ces travaux qui constituent selon nous des apports au concept de continuité pour les interfaces graphiques.

Des travaux comme *Metisse* [7], *Façades* [31], *BumpTop* [1] ou *Mélange* [16], ont permis de réinventer l'espace graphique 2D du GUI, notamment par l'utilisation de techniques 3D ou de représentations basées sur le modèle physique. Les concepts d'association de fenêtres, comme *Elastic Windows* [23], *Multiple Windows Coordinations* [28], ou de liaisons entre fenêtres applicatives comme *Visual Link across Applications* [35], et de façon plus radicale des approches orientées document comme *OpenDoc* [12] ont apporté des réponses à l'isolement des processus et des fenêtres et à la structuration du GUI. De nouvelles techniques d'interaction [4] ont été proposées pour une manipulation plus continue des fenêtres.

Concernant la continuité de l'activité dans l'espace d'interaction, *Generalized and Stationary Scrolling* [30] propose un mécanisme généralisé basé sur la saillance d'affichage, *PageLinker* [32] un outil Web basé sur la création de signets contextualisés, *UIMark* [8], qui permet de programmer des marqueurs associant cible écran et action, ou encore *Dwell-and-Spring* [2] qui fournit un mécanisme *d'annulation et de restauration* (Undo/Redo) généralisé pour la manipulation des objets de l'interface, offrent à l'utilisateur des mécanismes implicites et explicites de navigation continue. Plus largement, des travaux comme *The intelligent use of space* [24] ou *Re-Place-ing Space* [20][13], ont interrogé la notion même et le rôle de l'espace d'interaction.

Sur l'aspect graphique, de nombreux travaux comme *Artistic Resizing* [14], *Transitions visuelles différenciées* [29], ou *Glimpse* [15] par exemple, ont proposé des

techniques graphiques, d'animation et d'interaction basées sur la continuité. Concernant l'accès visuel à l'information, des travaux sur la transparence dynamique [22], sur la visualisation de l'historique d'usage des fichiers [17] ou sur la visualisation de contenu hors-écran comme *Visualizing Hidden Content* [18] ont contribué à garantir la continuité d'accès visuel (spatial et temporel) à l'information. Enfin, des techniques de stylisation d'images comme *XDog* [36] ou de variations visuelles comme *Parallel Pies* [33] ont rendu possible la génération de représentations continues.

#### **ÉLABORATION D'UN CONCEPT DE CONTINUITÉ**

Les différentes acceptions et dimensions de la continuité, identifiées à partir de l'analyse externe et multidisciplinaire du concept, nous semblent particulièrement pertinentes pour répondre à l'évolution des besoins des interfaces graphiques des systèmes interactifs. Cette évolution est notamment caractérisée par le nombre croissant des informations et fonctionnalités accessibles sur l'interface et par une complexification des usages, fondée sur l'utilisation conjuguée par l'utilisateur de multiples ressources, outils et applications.

Nous estimons que le concept de Continuité, au travers de ses deux aspects consubstantiels de continuité et de discontinuité peut constituer un outil théorique et d'instrumentation particulièrement adapté pour supporter la conception de l'interface graphique des systèmes interactifs. L'état de l'art interne de travaux de recherche en IHM que nous pouvons associer au concept de continuité soutient cette hypothèse. Ce concept doit nous permettre de penser et construire les « formes » et propriétés des objets et des espaces interactifs, à partir des systèmes de relation qu'ils entretiennent avec des structures et ensembles de sens, de composition et d'interaction. Un tel modèle de conception se doit d'externaliser autant que possible ses dimensions et propriétés de design pour donner à l'utilisateur final la possibilité de contrôler ces systèmes de relation. Nous postulons que le développement d'un tel concept de continuité participera d'une approche plus intégrative de l'interaction, au sein d'un *dispositif spatial* numérique et physique, à l'image de l'architecture de bâtiment ; comme un *habitat interactif* qui organise les informations dans l'espace perceptuel et d'interaction et permet la poursuite d'activités complexes.

#### **Première mise en œuvre et construction du concept**

Nous avons pu élaborer ce concept de continuité pour l'interaction homme-machine au travers d'une première mise en œuvre, menée dans le cadre d'un projet de recherche visant la conception et l'évaluation de polices de caractères spécifiquement adaptées pour les interfaces des cockpits aéronautiques et pour des contextes d'usage dégradés [34]. Le concept a constitué un outil central pour ce travail de recherche et pour le design des fontes. Les notions de discontinuité et de continuité ont permis notamment de penser et d'instrumenter deux exigences majeures de la lisibilité des informations textuelles : la *lisibilité-identification* et la *lisibilité-compréhension*.

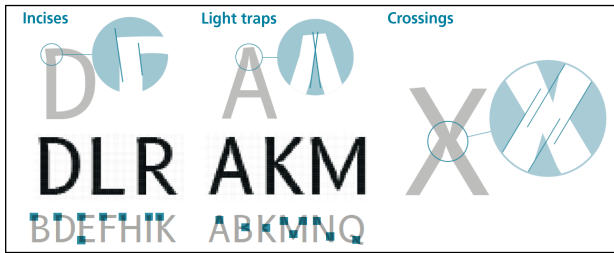


Figure 6 : Incises, light traps et crossings, 3 principes pour le renforcement visuel de la discontinuité entre glyphes

La lisibilité-identification (en anglais *legibility*) de chaque caractère est garantie par la création de discontinuités perceptives, de ruptures et de contrastes entre caractères (D.1). La figure 6 présente trois techniques génératives mises en œuvre pour renforcer la discontinuité visuelle entre rendu antialiasé des glyphes. Par exemple, l'utilisation d'empiètements de type incise (figure 6 à gauche) permet une meilleure discrimination visuelle entre les raccords angulaires et courbes de la lettre. L'utilisation de matrices de confusion entre caractères (voir figure 7) a permis de fournir des métriques de la discontinuité, de comparer les formes graphiques et d'itérer les designs.

A l'inverse, la lisibilité-compréhension (en anglais *readability*) est réalisée par la création et l'organisation de continuités visuelles : alignements de composition, régularité des tracés et des espacements (D.4), structure en primitives du caractère, mais aussi valeurs continues de paramétrage... qui permettent de créer une forte continuité de lecture (D.2) et une harmonie du texte (D.6). De nombreuses expérimentations ont été menées pendant le projet, en laboratoire et dans le cockpit. Elles ont permis de comparer la typographie prototype avec la fonte existante et une fonte de référence (Verdana). Ces expérimentations ont permis de valider les concepts et prouvé de façon significative la meilleure performance des nouvelles fontes. Un jeu de huit fontes numériques a été livré à l'industriel et est aujourd'hui installé sur les simulateurs de recherche des nouveaux programmes avion.

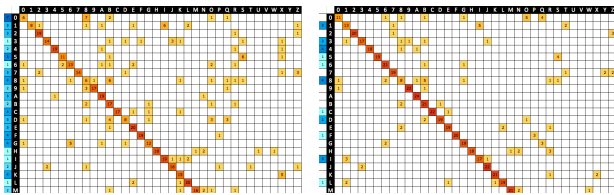


Figure 7 : comparaison de deux design de fontes à l'aide de matrice de confusion entre caractères (détail)

Ces deux usages consubstantiels de la continuité doivent permettre de penser plus largement le design des objets visuels et des structures graphiques de l'interface. Une formalisation du concept restait requise pour adresser cette conception plus générique de « jeux d'objets » intégrés à des structures, favorisant à la fois la continuité d'accès et le système de relations entre objets et structure, mais garantissant également des niveaux de discontinuité nécessaires à l'identification particulière des objets et de leurs usages au sein de ces structures.

## Principes de design du concept de continuité

Issu des phases d'analyse initiale et des apports des états de l'art externe et interne, mais aussi de cette première mise en œuvre du concept, nous avons pu identifier un premier ensemble, non exhaustif, de principes pour le design et l'instrumentation du concept de continuité dans les interfaces graphiques. Ces principes sont liés aux dimensions de design de la continuité identifiées plus avant (notées entre crochets).

[DP.1] **Connexité** : *considération d'un seul tenant des éléments de l'interface, ouverture des frontières entre objets et fenêtres pour permettre la continuité visuelle et interactive dans l'espace du GUI*

- permettre l'organisation de relations entre éléments de l'interface (groupement, liaison, composition des composants) [*identité, liaison, régularité*] ;
- construire des passages, ouvertures et espaces de transition, entre des processus et fenêtres séparés et opaques [*liaison, mouvement*] ;
- favoriser la flexibilité et l'adaptation graphique des compositions, dans l'espace d'affichage, et dans l'espace temporel de l'usage [*mouvement, récurrence*].

[DP.2] **Harmonie** : *cohérence des représentations et des comportements interactifs pour garantir la continuité graphique et sémantique*

- garantir des transformations géométriques homogènes et des comportements « plastiques » génériques de l'ensemble des formes ; rendre mesurable, contrôlable et réversible ces transformations [*mouvement, régularité*] ;
- maintenir la cohérence visuelle et sémantique des objets, en rendant contrôlable par l'utilisateur le niveau d'abstraction des représentations et la continuité des transformations graphiques [*identité, cohérence*] ;
- permettre la composition et la structuration spatiale des objets par l'utilisateur par la réification de propriétés graphiques de régularité, d'arrangement, d'alignement, de distribution... [*régularité*] ;
- garantir l'harmonie des saillances visuelles, explicites et implicites, des objets d'intérêt en fonction des besoins (ex. particularisation) ou de l'historique de l'usage (ex. feedbacks) [*régularité, cohérence*].

[DP.3] **Porosité des structures interactives pour faciliter la continuité d'accès perceptuel et d'interaction**

- assurer à tous les niveaux d'accès de la structure une lisibilité des contenus et des propriétés [*identité, cohérence*] ;
- rendre traversables les structures graphiques et garantir l'accès perceptuel et interactif aux niveaux et hiérarchies des structures [*mouvement, récurrence*] ;
- privilégier un mode continu d'accès au mode « permutation ». Rendre plus continue le « dépliement » de l'information et l'accès aux niveaux de détails [*liaison, mouvement*] ;
- permettre le déplacement, le clonage ou le partage d'éléments de contenu [*liaison, récurrence*].

[DP.4] **Poursuite** : mécanismes implicites et explicites de programmation de l'action pour faciliter l'externalisation cognitive et la continuité temporelle de l'activité

- fournir des mécanismes d'expression et de réification des notions de lieu, chemin ou sentier interactifs dans l'interface graphique [*identité, liaison*] ;
- permettre à l'utilisateur de poser au sein des contextes d'activités des marqueurs graphiques permettant d'engager des ressources ou des usages [*mouvement, récurrence*];
- mettre en place des mécanismes réflexifs aux actions et usages, notamment concernant le paramétrage et la navigation dans l'espace du GUI [*liaison, cohérence*].

### EXPLORATIONS DE DESIGN

Nous avons articulé ces principes de design avec l'observation de deux contextes d'usage pour mener des explorations de design du concept de continuité : un contexte *critique* des interfaces pilotes-systèmes du cockpit des avions commerciaux et un contexte *grand-public* de l'interface graphique des ordinateurs personnels dans un cadre d'activités imposant l'usage conjoint de multiples ressources et applications.

#### Exemple 2 : espace interactif continu pour le cockpit

L'observation du contexte aéronautique a profité de projets de recherche antérieurs du laboratoire portant sur la conception de systèmes interactifs pour le cockpit avion. L'analyse de l'existant montre une forte rigidité graphique et interactive des composants de l'interface. Les informations sont affichées dans le cockpit par un ensemble d'écrans spécialisés permettant de supporter chacune des 5 activités principales des pilotes : pilotage, navigation, communication, supervision des systèmes et gestion de la mission. L'affichage graphique de ces données (vue) est souvent physiquement séparé des interacteurs, par exemple boutons physiques, qui les pilotent (contrôleur). Cette logique de conception engendre de très fortes discontinuités de l'interaction et entre activités, et ne favorise pas une adaptation de l'interface aux contextes spécifiques, comme les phases de vol, mais surtout critiques comme la gestion des incidents de vol [10].

#### Un espace continu d'interaction pilotes-systèmes

Des concepts exploratoires pour les futurs programmes avions, comme le démonstrateur ODICIS ou le concept Avionics 2020 de Thales, proposent un cockpit basé sur l'utilisation de larges surfaces tactiles, surface unique ou composition d'écrans tactiles, permettant des interactions directes et une composition libre des objets de l'interface. Selon ses concepteurs, un tel cockpit doit reposer sur les « principes d'une architecture ouverte, d'une interface homme-machine et de fonctionnalités personnalisables ».

Ces concepts ouvrent la possibilité de décloisonner les IHM actuels, pour fournir aux pilotes plus de plasticité et plus de continuité des affichages et des interactions. Une telle approche nécessite pour les concepteurs de pouvoir adapter les composants de l'interface et le niveau de détail de l'information au contexte ou à la phase de vol, par exemple en utilisant des mécanismes permettant un

niveau d'accès continu aux informations entre synthèse et détails. Elle impose surtout de fournir aux pilotes les moyens de mettre en œuvre, d'organiser ou de construire selon leurs besoins immédiats ou anticipés, des représentations interactives et mentales partagées pour mieux structurer et planifier leurs actions ; leur permettant ainsi de répondre à des situations imprévues ou critiques.

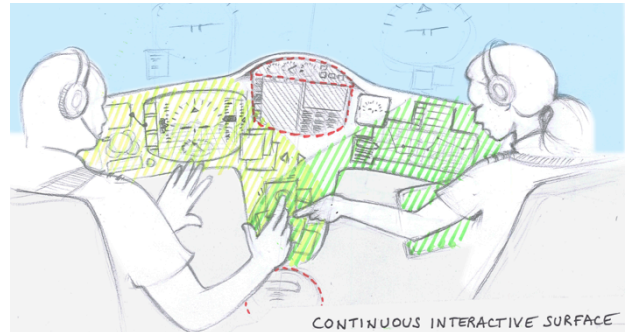


Figure 8 : un rough illustrant le concept de surface interactive continue avec des zones dédiées ou partagées de responsabilité

Nous avons exploré ce concept d'espace continu pour le cockpit avec une idée graphique à base de roughs (technique de dessin rapide) et de prototypage légers. la Figure 8 illustre la composition en zones d'une surface interactive continue pour le cockpit. Les zones hachurées en jaune et vert représentent l'affichage de textures de fond différenciant les espaces de responsabilité de chaque pilote, ainsi que des espaces partagés (ex. au centre en bas). L'emprise de ces zones est dynamique, le système adaptant de façon implicite leurs géométries aux actions des opérateurs. Les affichages essentiels pour la sécurité aérienne, comme la vue synthétique fusionnant des informations de pilotage, navigation et supervision, sont semi-statiques (géométrie et contenus contraints), le système garanti également une hiérarchie globale des saillances visuelles [*harmonie*] entre informations. Certains visuels sont déplaçables vers la surface de vitrage du cockpit, avec un affichage adapté [*connectivité*].

#### Exploration libre d'une solution à un problème de vol

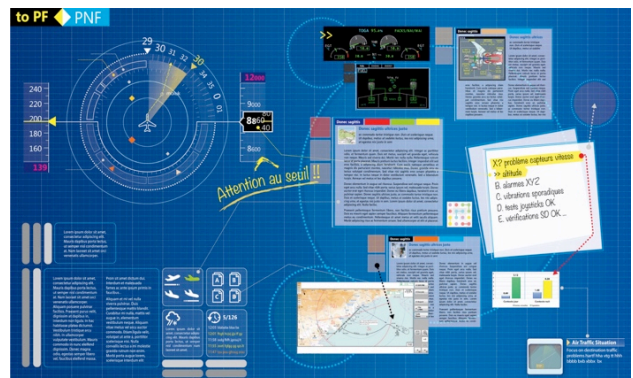


Figure 9 : Composition libre des informations sur la zone PNF (Pilot Non Flying) du cockpit d'une surface interactive permettant l'exploration d'une solution à un problème de vol.

La Figure 9 présente une maquette plus avancée d'exploration d'un concept de *Creative Fly Deck*. Elle illustre cette possibilité de composer de façon libre une



partie de la surface interactive continue d'un cockpit du futur [connexité]. Ici, nous sommes sur le côté droit du cockpit, correspondant à la zone d'usage du co-pilote, non en charge directe de l'action de pilotage. Celui-ci explore un espace de solution visant à résoudre une situation critique d'un problème de vol non identifié. L'activité que doivent conduire les pilotes dans ces situations critiques ou dégradées correspond à un processus d'abduction [10], c'est-à-dire un raisonnement permettant d'expliquer la situation à partir de faits observés et de formulation d'hypothèses, en rassemblant, testant, éliminant, cherchant la cohérence d'un ensemble de signifiants. Ceci implique une forte adaptativité de l'espace interactif permettant de contrôler les représentations et liaisons entre structures d'information, pour supporter une réflexion collaborative des pilotes, la programmation de l'action, et une résolution rapide du problème.

Ici, le co-pilote a délibérément réduit au minimum (en haut à gauche) les informations essentielles du vol, le système agrégeant et synthétisant automatiquement ces informations [harmonie]. Il a créé une zone spécialisée d'exploration (cercle à droite) avec des zones satellites où il a composé librement un espace de travail avec un ensemble d'outils et de ressources [connexité] : éditeur dédié, cartes, extraits d'écrans de supervision ou données issus des différents systèmes [porosité]. Il a posé des marques, connecté des ressources, annoté librement la surface [poursuite], et ouvert en partage cet espace de travail à l'action de partenaires situés au sol [porosité]. Il a ainsi, de façon coopérative, externalisé, parcouru et exploré le problème et les espaces de solutions pour proposer au pilote une procédure de sortie du problème.

Ce type d'usage continu de l'espace et des informations du cockpit n'est pas uniquement utile pour des cas critiques. Des situations de pilotage plus régulières comme une modification de la navigation ou des objectifs de mission, ou plus simplement la planification ou la programmation de l'action des pilotes pourraient utiliser le même type de mécanismes.

### Exemple 3 : continuité multi applications du bureau

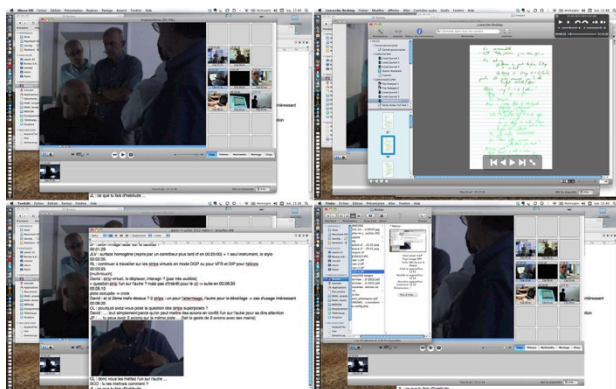


Figure 10 : une activité de transcription, superposant quatre outils-fenêtres applicatives, telle qu'issue de l'interview

Pour le contexte grand-public des ordinateurs personnels, des ateliers ont été conduits avec des utilisateurs experts

en informatique, sur le thème de l'habitat interactif. Deux séances d'interviews ont également été réalisées auprès d'une équipe de designers et avec des chercheurs, portant plus spécifiquement sur des activités mettant en œuvre l'utilisation conjointe de multiples applications et ressources, avec un focus plus particulier sur l'organisation résultante à l'écran (cf. Figure 10). Des scénarios ont été rédigés à partir de ces ateliers et interviews, ainsi qu'une exploration graphique des concepts de continuité pour le bureau avec la technique des roughs.

### Transformer les frontières en passages

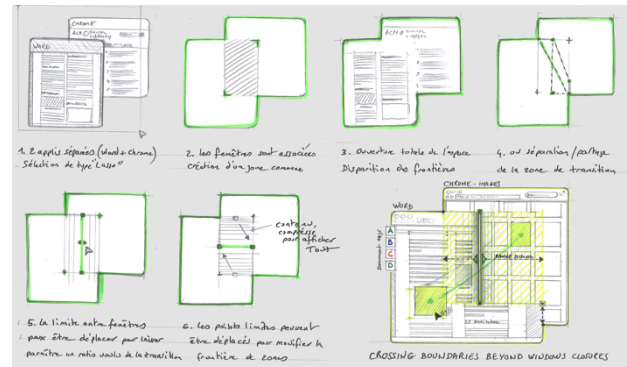


Figure 11 : « Crossing boundaries » : un rough illustrant l'idée de transition entre fenêtres applicatives

La Figure 11 présente un rough, issu de l'exploration graphique, et illustrant une mise en œuvre du concept de continuité dans le cadre de l'architecture graphique du GUI. L'idée est ici d'instancier le concept au sein d'un espace d'activité multi-fenêtres, à l'aide des principes de limites et passages, pour dépasser le cloisonnement des applications. L'association par l'utilisateur de plusieurs fenêtres crée un espace de travail enregistreur avec une structure dédiée d'affichage et d'interaction sur l'écran. Au sein de cet espace le focus est activé (partageable) pour l'ensemble des fenêtres contenues, permettant un plein usage des contrôles de chacune des fenêtres [connexité]. De même, la réification des limites internes entre fenêtres et des zones de superposition permet d'agir librement sur la distribution graphique et sur l'accès visuel et interactif à l'ensemble des contenus, par exemple le déplacement d'une limite entre deux fenêtres permet l'affichage du contenu intégral des deux fenêtres, le partage, échange ou copie d'objets ou composants de contenu (cf. dernière vue de la Figure 11) [porosité].

Nous avons combiné cet espace de solution avec l'expression de besoin de l'interview d'activité de transcription (cf. Figure 10), pour rédiger un scénario *Windows transitions*.

### Scénario « Windows transitions »

« Marie réalise la transcription d'un atelier de conception. Pour ce faire, elle utilise conjointement 4 applications : *iMovie* pour visualiser la vidéo de la séance, *LiveScribe* pour parcourir ses notes écrites et sonores réalisées avec son stylo Anoto, *TextEdit* pour rédiger son document de transcription, ainsi qu'une fenêtre *Finder* pour gérer les ressources et exporter des images. Elle utilise un portable

dont la faible résolution écran l'obligeait précédemment à composer très précisément l'affichage des fenêtres et à opérer des basculements incessants entre les applications (Figure 10). Aujourd'hui, le système lui permet d'organiser cette activité sous la forme d'un espace dédié. Marie ouvre les quatre applications et les organise à l'écran, avec une taille suffisante pour interagir confortablement avec les différents contenus, produisant ainsi de larges superpositions entre fenêtres. Elle associe ces applications par une simple interaction de sélection multiple (lasso). Cette interaction crée un plan d'activité continu, multi-fenêtres, identifié par un contour externe coloré qui englobe les 4 fenêtres, ainsi qu'une réification des zones limites entre fenêtres. Elle donne un nom à ce plan d'activité et sauvegarde ce nouveau plan. Elle pourra fermer si besoin l'espace dédié et l'ouvrir à nouveau dans l'état exact de chacune des applications à sa fermeture [poursuite].

Marie peut ensuite agir dynamiquement sur les limites internes entre fenêtres du plan pour modifier les transitions entre zones superposées. Le déplacement des limites ou d'une extrémité de ces limites permet de modifier la visualisation de la zone en superposition : vue partagée entre les deux contenus ou même déformation des deux contenus pour permettre une visualisation continue (compressée) de l'ensemble des contenus [porosité]. L'association logique des fenêtres en processus d'activité permet de distribuer un focus à chacune d'entre elles. Ce qui permet d'agir de façon permanente sur des contrôles toujours visibles, par exemple les contrôleurs de navigation de LiveScribe ou d'iMovie [connexité]. Ceci permet aussi de contrôler globalement l'espace d'activité sur le GUI en préservant la structuration graphique des fenêtres, informations et outils, mais aussi de gérer la concurrence visuelle entre informations [harmonie]. Ceci permet aussi de mieux gérer les interruptions (ex. mails) mais aussi une reprise ultérieure de son travail [poursuite]. Enfin, elle peut utiliser la limite réifiée du plan d'activité pour ouvrir des containers lui permettant de stocker et de partager des ressources et fichiers, qu'elle utilise pour extraire des images ou séquences de la vidéo [connexité]. »

#### Prototypage Windows Transition

Plusieurs niveaux de prototypes ont été itérés à partir du scénario *Windows transition* pour élaborer les formes graphiques et les techniques d'interaction d'un composant logiciel qui s'appuie sur les principes de limites et de passages du concept de continuité. La Figure 12 présente une copie écran d'un prototype fonctionnel, mettant en œuvre la création d'un plan d'activité avec sa zone de transition entre deux fenêtres applicatives : une (pseudo) application iMovie et une (pseudo) application TextEdit. Un contour dynamique (trait épais bleu) marque la limite externe du plan d'activité multi-fenêtres. Un composant de type container a été créé sur cette bordure afin de stocker des ressources partagées du plan. Une limite dynamique (trait vertical jaune) avec deux points d'extrémité (carrés bleus) réifie un passage créé automatiquement entre les deux fenêtres applicatives qui permet de modifier la portée

et la distribution de la zone de fusion entre les fenêtres superposées. Une modalité activée de compression transforme les deux contenus superposés (zone vidéo à gauche et texte édité à droite) pour permettre une visualisation et des interactions continues de l'ensemble des contenus des deux fenêtres dans la zone de transition.

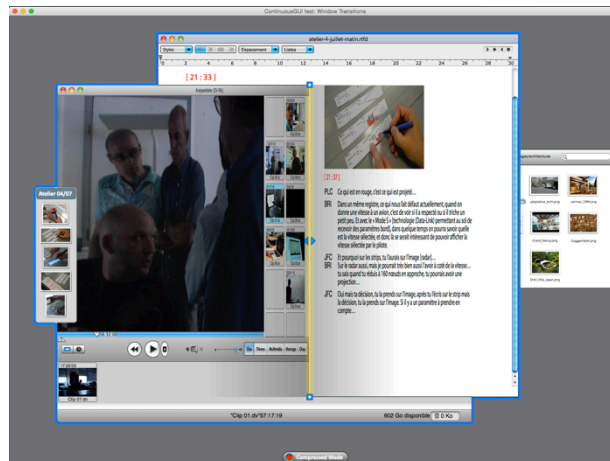


Figure 12 : copie écran d'un prototype fonctionnel Windows Transition instanciant une activité de transcription

### CONCLUSION : LA CONTINUITÉ, UNE IDÉE-FORCE POUR LE DESIGN DE L'INTERACTION

Dans cet article, nous avons présenté l'élaboration d'un concept de *continuité* pour l'interaction homme-machine, avec ses deux principes consubstantiels de continuité et discontinuité. A partir d'apports pluridisciplinaires, nous avons identifié six dimensions pour le design de la continuité : d'*identité*, de *liaison*, de *mouvement*, de *régularité*, de *réurrence*, de *cohérence* ; et quatre classes de principes de design : *connexité*, *harmonie*, *porosité* et *poursuite*. Trois mises en œuvre du concept (fontes, cockpit, bureau), conduites pour deux contextes, systèmes interactifs critiques et grand-publics, ont permis de montrer la capacité du concept de continuité à générer des espaces de solution pour le design de l'interface graphique des systèmes interactifs.

Nous estimons que ce concept de *continuité* constitue une *idée-force*, ou « *strong concept* », d'interaction [21]. En effet, il en possède les propriétés essentielles définies par Höök et Löwgren : il porte l'idée centrale, dialogique et hologrammatique [27], d'un concept couple, continuité discontinuité, pour l'IHM qui permet d'appréhender ensemble et sans opposition les relations entre des parties, objets ou composants d'interface, et avec un tout, structure, espace ou système graphique et d'interaction ; il intègre par nature un comportement interactif comme participant d'une médiation utilisateur-artefact ; il est applicable à différents contextes, situations ou domaines d'application et permet la génération d'espaces de solution comme montré par [34] ; il constitue, pour le concepteur comme pour l'utilisateur, un élément de design ou une part identifiable d'un artefact renvoyant à un usage ; il présente enfin un niveau d'abstraction se situant au delà du cas particulier comme le montre la diversité des mises en œuvre.

Nous pensons que cette *idée-force* de *continuité* présente un réel potentiel pour les chercheurs et designers de l'interaction qui doivent se l'approprier pour amplifier l'exploration du concept, l'instrumenter, notamment par des techniques d'interaction, et étendre le répertoire de problématiques et d'espaces de solution de ce concept de continuité pour l'interaction homme-machine.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Agarwala, A. and Balakrishnan, R., (2006). Keepin' it real: pushing the desktop metaphor with physics, piles and the pen. In Proceedings of CHI'06. ACM, NY, USA, 1283–1292.
2. Appert, C., Chapuis, O. and Pietriga, E., (2012). Dwell-and-spring: undo for direct manipulation. In Proceedings of CHI'12. ACM, New York, NY, USA, 1957–1966.
3. Beaudouin-Lafon, M., (2000). Instrumental interaction: an interaction model for designing post-WIMP user interfaces. In *Proceedings of CHI'00*. ACM, NY, USA, 446-453.
4. Beaudouin-Lafon, M., (2001). Novel interaction techniques for overlapping windows. In *Proceedings of UIST '01*. ACM, New York, NY, USA, 153-154
5. Bertin J., (1967). *Sémiologie graphique*, Paris, Mouton/Gauthier-Villars, 1967
6. Borie, A., Micheloni, P., Pinon, P., *Forme et déformation des objets architecturaux et urbains*, éditions Parenthèses, Marseille 2006
7. Chapuis, O., and Roussel, N., (2005). Metisse is not a 3D desktop!. In Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '05). ACM, New York, NY, USA, 13–22.
8. Chapuis, O., and Roussel, N., (2010). UIMarks: quick graphical interaction with specific targets. In *Procs of UIST '10*. ACM, New York, NY, USA, 173-182.
9. Conversy, S., Chatty, S. and Hurter, C., (2011). Visual scanning as a reference framework for interactive representation design. *Information Visualization* 10, 3 (July 2011), 196–211.
10. Conversy, S., Chatty S., Gaspard-Bouline, H. and Vinot, J.-L., (2014). The accident of flight AF447 Rio-Paris: a case study for HCI research. In Proceedings of IHM '14. ACM, New York, NY, USA, 60-69.
11. Cullen, G., (1961). *The concise townscape*, London, Architectural Press.
12. Curbow, D., and Dykstra-Erickson, E., (1997). Designing the opendoc human interface. In Proc. DIS '97, ACM Press (New York, NY, USA, 1997), 83–95.
13. Dourish, P. (2006). Re-space-ing place: "place" and "space" ten years on. In Proc. CSCW '06, ACM Press (New York, NY, USA, 2006), 299–308.
14. Dragicevic P., Chatty S., Thevenin D. and Vinot J-L. (2005). Artistic Resizing: A Technique for Rich Scale-Sensitive Vector Graphics. Proceedings of UIST'05, Seattle, WA, USA, 2005. ACM Press, New York, NY, 201–210.
15. Dragicevic P., Huot S. and Chevalier F. (2011). Glimpse: Animating from Markup Code to Rendered Documents and Vice Versa. In Proceedings of UIST '11. ACM, New York, NY, USA, 257–262.
16. Elmqvist, N., Henry, N., Riche, Y. and Fekete, J.-D., (2008). Mélange: space folding for multi-focus interaction. In Proceedings of CHI '08. ACM, New York, 1333–1342.
17. Fitchett, S., Cockburn, A. and Gutwin, C., (2013). Improving navigation-based file retrieval. In Proceedings of CHI '13. ACM, New York, NY, USA, 2329–2338.
18. Geymayer, T., Steinberger, M., Lex, A., Streit, M. and Schmalstieg, D., (2014). Show me the invisible: visualizing hidden content. In Proceedings of CHI '14. ACM, New York, NY, USA, 3705–3714.
19. Gibson, J.J., (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Houghton Mifflin, Boston. 1979.
20. Harrison, S. and Dourish, P., (1996). Re-Place-ing Space: The Roles of Space and Place in Collaborative Systems. in Proc. of CSCW'96. ACM, New York, Boston, MA, 67-76.
21. Höök, K. and Löwgren, J., (2012). Strong concepts: Intermediate-level knowledge in interaction design research. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 19, 3, Article 23 (Oct. 2012), 18 pages.
22. Ishak, E.W. and Feiner, S.K., (2004). Interacting with hidden content using content-aware free-space transparency. In Proceedings of UIST '04. ACM, NY, USA, 189-192.
23. Kandogan, E., and Shneiderman, B. (1996). Elastic windows: improved spatial layout and rapid multiple window operations. In Proc. AVI'96, ACM Press (New York, NY, USA, 1996), 29–38.
24. Kirsh, D., (1995). The intelligent use of space. *Artificial Intelligence*. 73, 1-2, February 1995, 31-68.
25. Koffka, K., (1935). *Principles of Gestalt Psychology*, Londres, Routledge & Kegan Paul. 1935.
26. Lynch, K., (1969), *L'image de la cité*, Dunod, Paris, 1969.
27. Morin, E., (1990). Introduction À La Pensée Complexe. Collection Communication et Complexité. ESF, 1990.
28. North, C., and Schneiderman, B., (1997). A taxonomy of multiple window coordinations. Tech. rep., University of Maryland at College Park, 1997.
29. Schlienger C., Dragicevic P., Ollagnon C., Chatty C., (2006). Les transitions visuelles différenciées: principes et applications. In Proceedings of IHM'06, Montréal, Canada, 2006. ACM Press, New York, NY, 59–66.
30. Smith, R. B. and Taivalsaari, A., (1999). Generalized and stationary scrolling. In Proceedings of UIST'99. ACM, New York, NY, USA, 1–9.
31. Stuerzlinger, W., Chapuis, O., Phillips, D., Roussel, N., (2006). User interface façades: towards fully adaptable user interfaces. In Proc. UIST'06, ACM, NY, USA, 309–318.
32. Tabard, A., Mackay, W., Roussel, N. and Letondal, C., (2007). PageLinker: integrating contextual bookmarks within a browser. In Proceedings of CHI'07. ACM, NY, USA, 337–346.
33. Terry, M., Mynatt, E.D., Nakakoji, K. and Yamamoto, Y., (2004). Variation in element and action: supporting simultaneous development of alternative solutions. In Proceedings of CHI '04. ACM, New York, 711–718.
34. Vinot, J.L. and Athenes, S., (2012). Legible, are you sure?: an experimentation-based typographical design in safety-critical context. In Proc. of CHI '12. ACM, New York, NY, USA, 2287-2296.
35. Waldner, M., Puff, W., Lex, A., Streit, M. and Schmalstieg, D., (2010). Visual links across applications. In Proceedings of Graphics Interface 2010 (GI '10). Canadian Information Processing Society, Toronto, Ont., Canada, pp. 129–136.
36. Winnemoller, H., (2011). Xdog: advanced image stylization with extended difference-of-gaussians. In Proceedings of the ACM SIGGRAPH/ Eurographics Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering, NPAR '11, ACM (New York, NY, USA, 2011), pp. 147–156.
37. Younes, C., (2006). Limites, passages et transformations en jeu dans l'architecture. *Revista de Urbabismo*, 15 (2006), pp. 453–469.