

Projet de Programmation Comparée : "Interfaces Utilisateurs"

26 mars 2013

Introduction - blablabla

Nous allons introduire un exemple suivi, qui sera utilisé tout au long de ce rapport. Le but est d'illustrer nos remarques et idées grâce à un cas d'étude simple.

L'application considérée se contente de gérer une liste et un compteur. Elle est munie d'une interface graphique constituée d'une fenêtre, ainsi que de deux vues, ou panneaux, qui ne sont pas visibles en même temps, mais avec la possibilité de passer de l'une à l'autre. Ces vues seront affichées, lorsque visibles, dans la fenêtre précédemment mentionnée.

L'une des deux vues offre une représentation et des outils de modification de la liste gérée par l'application alors que l'autre se charge du compteur.

Deux menus sont présents, l'un attaché à la fenêtre et l'autre « flottant » accessible via une interaction entre l'utilisateur et l'interface.

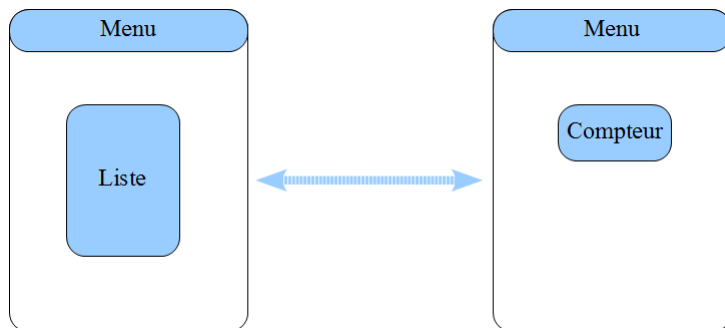


FIGURE 1 – Concept de base

1 Qu'est ce qu'une interface utilisateur et comment en programmer

Nous allons aborder dans cette partie différents points nous permettant de définir les concepts et mécanismes importants mis en jeu lors de la conception, mais aussi de l'utilisation, d'une interface graphique. Comme nous le verrons, les deux aspects sont fortement liés.

1.1 Définition des concepts liés à la création d'interface utilisateur

La compréhension de la notion d'interface utilisateur passe par une définition des utilisateurs et des outils de conception sollicités.

Les utilisateurs

Avant toute analyse ou réflexion, il est important de définir qui sont les utilisateurs du système considéré. Nous distinguerons deux catégories d'utilisateurs et nous utiliserons la terminologie suivante :

- **Programmeur** : il est notre cible directe, c'est lui qui utilisera les outils que nous allons développer afin de construire des interfaces utilisateurs (nous parlerons ici essentiellement d'interfaces graphiques) pour ses applications.
- **Utilisateur application** : il est l'utilisateur des produits développés par le programmeur, il n'est pas notre cible directe mais il est important de ne pas l'oublier.

Une approche orientée utilisateur sera adoptée lors de la conception, les besoins étant différents pour les deux catégories d'utilisateurs considérées, nous ferons bien attention de prendre en compte les deux points de vue. En particulier, celui de l'utilisateur application doit être pris en compte même s'il sera la cible du système développé par le programmeur et non directement celle du notre. Ses besoins doivent nous permettre de mieux déterminer les éléments nécessaires aux programmeurs pour satisfaire à ses exigences envers le produit fini.

Conception - génie logiciel

La conception d'une interface utilisateur doit être centrée autour des deux catégories d'acteurs définies précédemment, l'utilisation du modèle de conception centré utilisateur semble alors tout à fait correspondre aux besoins.

Ce dernier est itératif, chaque itération étant composée des trois phases suivantes :

- **Analyse** : on analyse les besoins des acteurs du système, un panel représentatif d'utilisateurs des deux catégories concernées doit être constitué afin d'établir les dits besoins.
- **Conception** : un prototype doit être conçu en fonction des besoins établis à l'étape précédente. Chaque prototype servira le plus souvent de base à celui à l'étape suivante
- **Évaluation** : sur la base du prototype réalisé, une évaluation est faite. Le procédé étant itératif, cette évaluation servira de base à la modification des besoins de la première étape de l'itération suivante.

Afin de mener à bien ces trois phases, il est nécessaire d'établir des critères d'évaluation qui serviront aussi de base à l'élaboration des besoins.

- **Pour l'utilisateur application** :
 - **Facilité d'utilisation** : la vitesse d'apprentissage, l'aide extérieure nécessaire ainsi que le nombre d'erreurs commises lors d'un test sont de bons indicateurs. Il faut de plus prendre en compte les différents niveaux de compétences parmi les utilisateurs.

- **Correction des erreurs** : la possibilité d’annuler une action est indispensable (cf. partie 3.1)
- **Rapidité** : le temps de réponse de l’interface doit être faible. Il faut définir par des tests quel est le délai admissible avant réponse et quel est le meilleur moyen de faire patienter l’utilisateur application.
- **Aspect visuel** : il doit être agréable et clair. (nous pourrions parler d’aspect sensoriel pour être plus général, mais nous allons nous concentrer sur les interfaces graphiques)
- **Pour le programmeur** :
 - **Expressivité** : une bonne expressivité des langages / outils utilisés est nécessaire, un code clair et précis est plus agréable. De plus il est important d’essayer de rendre la programmation via le système intuitive.
 - **Adaptabilité** : une bonne capacité d’adaptation aux différents support ainsi qu’une portabilité sont nécessaires.
 - **Sûreté** : un code qui compile doit être un code qui marche.
 - **Debugging** : des outils de debugging doivent être fournis, une analyse statique de pertinence serait un plus (détecter le maximum d’absurdités comme des éléments inutiles par exemple).
 - **IDE** : une intégration aux IDE populaires est nécessaire, la création d’un IDE spécifique peut être envisagé.
 - **Efficacité** : les critères en terme de consommation des ressources de la machine doivent être étudiés.

Tout au long de ce processus de conception, des outils issus du génie logiciel vont nous aider, en voici trois particulièrement adaptés :

- **Scénarios / diagrammes de cas d’utilisation** : leur utilisation, combinée aux critères mis en place ci-dessus, nous permettra à la fois d’établir les besoins et d’effectuer des tests choisis dans le cadre de l’évaluation.
- **Diagrammes relationnels - diagrammes de classes** : même si elle ne doit pas nous aveugler, la programmation orientée objet est adaptée au sujet. La réflexion à mener quant à l’organisation du système considéré se prête remarquablement bien à l’utilisation de ces outils. De plus, ils nous permettent, à un autre niveau, de nous mettre à la place du programmeur qui devra concevoir une interface en utilisant notre système.
- **Design pattern** : l’implémentation “native” de comportements génériques, typiquement pour les interactions entre l’utilisateur application et l’interface créée, permet à la fois de faciliter l’utilisation de notre système par le programmeur mais aussi d’établir un cadre sûr pour les dites interactions. La partie 3.1 de ce rapport est un exemple de ce principe.

1.2 Division du travail

La conception d’une interface graphique par dessus un moteur d’application peut se diviser en quatre étapes ; une bibliothèque graphique devrait fournir des outils adéquats pour chacune, et minimiser les interdépendances entre elles.

Communication entre le moteur et l’interface Une bibliothèque graphique doit fournir des outils adaptées à la « communication » entre l’interface et le moteur logique de l’application

- affichage : ensemble des données du moteur affichées (sous diverses formes) par l’interface ;
- actions : ensemble des actions de l’utilisateur modifiant l’état des données.

Cette partie du code pose les bases de ce qu’utilisera l’interface, ce à quoi elle est destinée, mais doit demeurer indépendante de son implémentation réelle, des éléments graphiques concrets utilisés pour la fabriquer, et de la plateforme à laquelle elle est destinée.

Éléments de l’interface Il s’agit ensuite de définir les éléments de l’interface graphique qui serviront de support aux données et possibilités définis précédemment ; ceux-ci devront donc interagir avec le système logique de communication, et non directement avec le moteur de l’application.

Ils sont évidemment dépendants de la plateforme à laquelle l’interface est destinée : les raccourcis clavier d’un ordinateur seront remplacés par des gestes tactiles sur une tablette, par exemple.

La bibliothèque se doit de définir un panel aussi vaste que possible d’éléments graphique à disposition du développeur.

Notons que ces éléments ne sont pas forcément tous graphiques (lecture d’un texte ou commande vocale).

Placement des éléments Les éléments doivent ensuite être assemblés pour former une interface cohérente et fonctionnelle. À cette fin, de nombreux outils doivent être présents pour le développeur : divers « layout » permettant diverses dispositions des éléments au sein d’une même fenêtre, gestion intelligente des redimensionnements, système d’onglets, éléments permettant le zoom et défilement, fenêtres pop-up, panneaux d’options, etc.

Une telle configuration s’effectue évidemment sur un ensemble d’éléments de l’interface déjà défini, dont la taille et l’aspect graphique doivent également pouvoir être éventuellement personnalisés au cas par cas.

Par ailleurs, le développeur peut laisser une partie de cette configuration de l’interface à disposition de l’utilisateur final : lui permettre de choisir les éléments présents d’une barre d’outils, ou le placement de celle-ci sur certains bords de la fenêtre, tout en excluant certaines autres modifications, le menu restant toujours identique.

Enfin, la forme finale d’une interface doit pouvoir être aisément enregistrée, et il doit être possible pour l’utilisateur final de passer d’une configuration à une autre s’il en existe plusieurs possibles pour une application donnée.

Aspect général Enfin, la bibliothèque peut permettre au développeur de modifier l’aspect général de son interface, en personnalisant l’aspect d’un type d’éléments graphiques. Cette dernière partie est optionnelle, mais si la possibilité existe, elle doit être indépendante des trois premières : modifier l’aspect général des boutons ne doit pas impacter le code de l’interface déjà écrite.

1.3 Exemple suivi

Dans cette première itération de notre exemple suivi, nous n'allons pas forcément être exhaustifs, mais nous allons essayer d'aborder les points importants pour mener à bien la réalisation de notre exemple. Nous allons commencer par étudier les besoins de l'utilisateur application.

- **Annulation** : il est nécessaire de pouvoir annuler une opération effectuée via l'interface graphique sur la liste ou le compteur. On peut aussi vouloir annuler un changement de vue.
- **Adaptativité - facilité d'utilisation** : le passage d'une vue à l'autre doit se faire via un outil adapté au support. Par exemple, un bouton sur chaque panneau avec un raccourci associé pour une paire clavier / souris mais une « gesture » sur une tablette ou un smartphone. Il en est de même pour toutes les actions proposées par l'interface, y compris la gestion du menu flottant (apparition au clic droit pour le clavier / souris et utilisation d'une « touche » à deux doigts pour une tablette ou un smartphone). La position du menu attaché à la fenêtre doit dépendre du support, sur un smartphone la taille relativement petite de l'écran oblige à prévoir un emplacement plus adapté, voir même de ne pas l'afficher.
- **Rapidité** : le changement de vue et l'apparition du menu flottant doivent être rapides, il ne faut surtout pas donner l'impression à l'utilisateur qu'il est en attente passive. Les opérations sur la liste et le compteur peuvent être soumises à des contraintes au niveau de la partie logique de l'application, l'interface doit être capable d'afficher une barre de progression par exemple pour montrer qu'une action est en cours.

Nous pouvons alors définir les exigences du programmeur qui en découlent :

- **Liste - compteur** : avoir la possibilité de lier directement une liste ou un compteur à sa représentation graphique sans que le programmeur ait à lui même définir un protocole de mise à jour et l'implémenter est nécessaire.
- **Adaptativité** : le programmeur ne doit pas avoir à programmer plusieurs interfaces juste pour changer le bouton de changement de vue en « gesture » ou changer l'emplacement du menu. Afin de faciliter l'adaptation du style graphique au support, il faut permettre au programmeur de ne pas avoir à définir « à la main » les emplacements de la liste, du compteur, des menus ainsi que des boutons, si boutons il y a, de changement de vue.

2 Analyse de l'existant

Une analyse de l'existant, en conjonction avec notre précédente analyse des besoins nous permettra de tenter dans la suite d'apporter des solutions aux problèmes actuels.

Difficultés de la programmation d'interfaces graphiques

Programmer une interface graphique entièrement à la force du poignet n'est guère agréable, pour différentes raisons :

- Apprendre à programmer une interface graphique en utilisant l'une ou l'autre API existante peut se révéler fastidieux et complexe. En particulier, nous remarquerons que GTK+ tend à

être plus laid et moins intuitif que des bibliothèques reposant sur le modèle objet, comme Qt ou Swing.

- Dans tous les cas, la programmation est longue, répétitive et, à de rares exceptions (TkInter?), extrêmement verbeuse.
- Ceci est, a priori, dû à ce que Swing, GTK+, Qt et les autres bibliothèques reposent entièrement sur un modèle de widgets : des composants imbriqués les uns dans les autres de façon quasi-infinie, qu'on doit tous définir, paramétrer et placer manuellement. On parle d'ailleurs de widget toolkit pour définir les bibliothèques permettant de construire des interfaces graphiques.

Environnements de développement

Différents environnements de développement intégré (IDE) plus ou moins sophistiqués, tels que Qt Creator/Qt Designer ou Glade, peuvent faciliter la création d'interfaces graphiques, mais il est toujours nécessaire de savoir coder et de comprendre l'API utilisé avant de pouvoir vraiment en tirer parti.

MacOS propose, avec XCode et différents outils comme Cocoa, une vision intéressante -> à développer.

Portabilité

Qt est disponible en natif sur la plupart des systèmes d'exploitation existants, et notamment les systèmes embarqués, incluant Android, VxWorks ou encore BlackBerry OS. GTK+ lui n'est disponible que sur les systèmes de bureaux majeurs : Windows, MacOS, Linux/Unix.

Swing offre une définition de la portabilité différente de celle de Qt et GTK+ : en effet, la bibliothèque n'est utilisable qu'en Java, mais celui-ci étant multiplateforme, Swing devient fonctionnel sur tout système sur lequel Java est disponible. En revanche il ne peut être utilisé qu'en java, alors que Qt et GTK+ disposent de « bindings » vers de nombreux autres langages. Nativement, Qt est une bibliothèque C++, et dispose de bindings Java, Perl, Python, PHP ou encore Ruby. GTK+ est une bibliothèque C, disposant de bindings C++, Java, Perl, Python, PHP, et Ruby mais aussi C# et Javascript ; GTK+ dispose même d'un binding Vala, un langage spécifiquement créé pour les développeurs de Gnome, basé sur C# et qui compile vers C!

Les éditeurs d'interfaces de GTK+ et Qt, respectivement Glade et Qt Designer, permettent d'enregistrer les interfaces créées sous forme de fichier XML. Le concept est intéressant puisqu'il permet de « porter » une interface dans différents langages, sans avoir à modifier le code. Cela aide donc à séparer le fond et la forme du logiciel. Il existe par ailleurs des langages de descriptions d'interface graphique basés sur XML (XAML et XUL par exemple) -> à approfondir.

Adaptation des interfaces à leur environnement

Les différents outils dédiés à la programmation d'interfaces graphiques, en particulier Swing, nous promettent souvent de s'adapter au *look and feel* de l'environnement dans lequel l'application est exécutée. Si l'idée est bonne puisqu'elle permettrait aux programmeurs d'obtenir des applications parfaitement intégrées dans les différents OS sans avoir à faire quoique ce soit de particulier, le résultat est en pratique souvent aléatoire et rarement esthétique. [Screenshots]

L'exemple particulier du HTML / CSS

Bien que n'étant pas fait pour la création d'interfaces graphiques stricto sensu, le couple HTML CSS propose une approche intéressante de la conception d'une interface web : séparer le style de la description des éléments.

Le but est ici de pouvoir afficher un même contenu sous différentes formes, par choix de l'utilisateur sur les sites qui le proposent, ou selon le support utilisé : un document HTML peut utiliser différentes feuilles de styles et définir laquelle sera utilisée selon le média sur lequel il sera affiché, et un document CSS peut lui-même choisir d'afficher un élément différemment selon le support, par exemple pour optimiser le rendu d'une page web à l'impression.

Néanmoins on a un problème similaire à celui des interfaces graphiques qui n'ont pas le même rendu sous différents environnements : tous les navigateurs n'interprètent pas le CSS de la même manière alors qu'ils le devraient.

De plus, le concept de « boîtes dans des boîtes » est toujours présent (les balises imbriquées du HTML).

Performances

Si autrefois GTK+ était célèbre pour être plus rapide que Qt (ce qui apparemment était dû au vieux compilateur utilisé par Qt ?), les deux ont aujourd'hui des performances similaires que ce soit au niveau de la mémoire ou du CPU, ce n'est donc plus un critère pour les départager.

Debugging

Le debugging des interfaces graphiques est particulièrement peu aisé, et aucun outil n'offre d'analyse statique qui permettrait de détecter *a priori* qu'un élément est invisible ou inaccessible. Cette difficulté n'est pas seulement dépendante de la bibliothèque utilisée, mais aussi et surtout du nombre d'interactions possibles avec l'interface, et de séquencements possibles. Un « petit » programme comme WordPad aurait ainsi 325 opérations possibles via l'interface graphique.

Il existe des outils entièrement dédiés au debugging d'interfaces graphiques : Java intègre par exemple dans son API une classe (Robot) permettant d'aider à l'automatisation des tests d'interfaces AWT. Eclipse dispose d'un plugin SWTBot dédié au test des interfaces SWT alors qu'il intègre évidemment déjà un debugger Java... Les IDE évoqués ont aussi leurs outils de debugging.

Conclusion ?

Exemple suivi : (si le programmeur veut satisfaire aux besoins d'aptabilité de l'utilisateur application, il va être obligé de définir plusieurs interfaces différentes, pour les actions, faire en sorte que les raccourcis dans le menu, les boutons ou autres gestures soient associés à des actions est possible en swing, mais assez moche et peu pratique, de plus elles ne sont pas assez évoluées pour permettre une annulation par la suite. La mise à jour de la liste de du compteur ne sont pas gérés de façon pratique par SWING, le faire manuellement est finalement la solution employée)

3 Outils à développer

Nous allons exposer dans cette partie nos quatre principales idées d'innovation pour la conception d'interfaces graphiques.

3.1 Actions

Une librairie graphique se doit de fournir une représentation des *actions* que l'utilisateur peut accomplir. Fondamentalement, il s'agit d'une fonction qui a accès au moteur de l'application, contrairement à l'interface proprement dite, mais d'autres mécanismes internes s'y greffent.

Ces *actions* sont indépendantes des éléments graphiques concrets qui l'implémentent, et donc en particulier de la plateforme sur laquelle tourne l'interface utilisateur.

Toute intervention de l'utilisateur final sur le système de l'application doit passer par une *action* telle que définie par la librairie.

Deux principes nous guident :

- La façon dont l'utilisateur accomplit cette action n'a aucune importance; l'action n'a pas besoin de savoir qu'elle a été déclenchée par un bouton, une entrée de menu, un raccourci clavier, une commande vocale, ou même comme conséquence automatique d'une autre action.
- Tous les paramètres des éléments graphiques liés à une action doivent être « transférés » à l'action si possible, tels que :
 - les raccourcis claviers, noms, descriptions, textes d'aide ou icônes associés à une action;
 - la possibilité d'accomplir l'action (qui déterminera si le bouton ou l'entrée de menu sont actifs ou non, par exemple).

Ce mécanisme d'action fourni par la librairie graphique doit être doté d'un pattern « observer », permettant à d'autres éléments d'être notifié du déclenchement de l'action.

Les actions doivent pouvoir être aisément composées, afin de permettre au développeur de n'implémenter que les interactions minimales avec son système, tout en proposant à l'utilisateur final des fonctionnalités simples autant qu'avancées, résultant éventuellement de combinaisons complexes de ces briques de base.

Enfin, les actions effectuées doivent pouvoir être enregistrées, afin d'en conserver un historique. Idéalement, si chaque action dispose également d'une fonction « inverse » permettant d'annuler ses effets, la bibliothèque graphique peut fournir elle-même la fonctionnalité « undo / redo », aujourd'hui devenue indispensable à toute interface moderne.

3.2 Bindings

Très souvent, l'intervention de l'utilisateur modifie des valeurs internes au moteur de l'application; parfois néanmoins, l'inverse peut être également utile : la modification d'une valeur du moteur de l'application modifie l'état d'un élément de l'interface. Il s'agit alors de modéliser efficacement la liaison d'une propriété d'un élément graphique à une valeur de la logique interne de l'application.

Voici quelques exemples qui pourraient se révéler utiles au développement d'une interface :

- progression d'une opération affichée par une barre de progression;
- possibilité d'effectuer une action liée à un booléen, impliquant l'apparence des éléments graphiques qui lui sont liés (actifs ou non);
- champs d'un label liée à une chaîne de caractère, position d'un curseur liée à une valeur numérique;
- contenu d'un panneau lié à une image dynamiquement déterminée par le moteur applicatif.

Si l'élément graphique peut être édité par l'utilisateur, la liaison doit être effective dans les deux sens : le changement du champs du label par l'utilisateur doit modifier la valeur de la chaîne de caractère en interne, tout autre changement de la valeur doit être immédiatement répercuté dans l'affichage, comme dans le cas de la barre d'url des navigateurs internet (qui est évidemment actualisé en cas de redirection, ou si l'utilisateur utilise un autre moyen pour parvenir sur un page web).

À cette fin, la librairie graphique peut proposer des représentations des types simples « pertinents » comprenant un pattern observer à destination des éléments de l'interface ; la liaison d'une propriété graphique à la valeur deviendrait alors immédiate et transparente pour le développeur.

L'inconvénient est que le moteur de l'application doit alors utiliser la librairie graphique pour implémenter de telles valeurs.

3.3 Le modèle relationnel

Les différents élément d'une interface utilisateur doivent être mis en relation les uns avec les autres afin de former un tout cohérent. Le principe le plus basique, qui est celui du modèle à widget évoqué dans la partie 2, est de ne considérer qu'une seule relation : la relation de parenté entre le contenant et le contenu.

Il serait cependant intéressant de pouvoir définir plus finement les relations entre ces différents éléments, plus précisément, l'idée serait de ne pas avoir à décrire l'emplacement d'un élément par rapport à un autre, mais plutôt les relations entre ces éléments, un peu à la manière du couple HTML / CSS.

Un premier exemple de relation autre qu'une relation de parenté est la relation « menu » qui est, à un niveau basique, présente dans Swing : pour certains éléments il est possible de définir un menu sans avoir à spécifier que ce dernier est contenu dans l'élément demandeur. Il y a une relation de « menu » entre ces deux éléments et non une relation directe de positionnement.

Ce modèle a pour but de permettre à l'interface produite de s'adapter à son environnement d'utilisation, mais il permet aussi une analyse statique de la cohérence d'une interface. Dans un premier temps il s'agira de vérifier la possibilité des relations déclarées, cela nécessite déjà des outils adaptés. Définir la nature d'une relation entre plusieurs élément revient à donner un type à cette relation. Il apparait donc souhaitable de se diriger vers un langage de déclaration de ces relations muni d'une sémantique adaptée afin de ramener l'analyse de cohérence d'une interface graphique à une analyse statique du typage de la dite déclaration. Nous devons pour cela nous munir de langages que nous qualifierons d'intermédiaires qui sont étudiés dans la partie suivante. Une autre possibilité eut été d'utiliser des structures de graphes pour modéliser les relations entre éléments sans passer par un langage de description externe, mais nous allons voir, toujours dans la partie suivante, les avantages de la solution choisie.

3.3.1 Exemple suivi

L'utilisation d'un tel modèle pour la création de l'interface graphique est transparente pour l'utilisateur application. Par contre pour le programmeur, la « maquette » de l'interface graphique redevient très proche du concept de base (figure 1) contrairement à la partie 2.

Le menu et le menu flottant ne font plus qu'un, il y a une relation de « menu » entre ce dernier et trois éléments : les deux panneaux et la fenêtre (les deux panneaux peuvent suffire).

Le passage d'une vue à l'autre n'a pas à être explicité, une relation de « switch » est établie entre les deux panneaux.

Le rendu graphique et les raccourcis ou boutons associés à ces éléments n'ont pas à être définis explicitement par le programmeur.

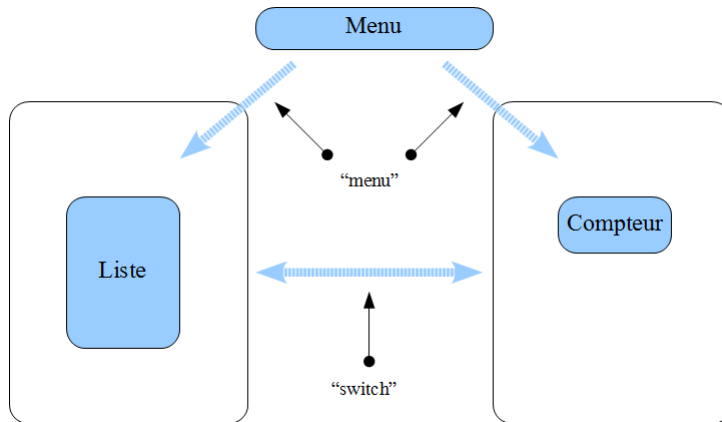


FIGURE 2 – Concept relationnel

3.4 Langages intermédiaires

Comme nous venons de le voir, la réalisation de notre système passe par l'introduction de langages intermédiaires liés au dit système et non à un support logiciel (langage de programmation / OS) ou matériel. Ceci permet en outre une adaptativité très intéressante.

Le portage sur les différentes plateformes devient relativement et se résume à la création d'interpréteurs propres aux cibles. Ce processus est transparent pour le programmeur qui lui travaillera sur les deux langages introduits.

Le premier est dédié à la description de la structure de l'interface. Nous définissons ici les actions et éléments utilisés mais aussi les relations qui les connectent. Des éléments de base doivent être fournis par le système, et pouvoir les composer ou en créer des personnalisés est indispensable. Dans cette même logique de réutilisation de l'existant, une autre volonté de notre part est de permettre la sauvegarde de la structure d'une interface. Une description non liée à un support logiciel / matériel de la dite structure permet la réalisation de ces objectifs.

L'une des difficultés d'une telle représentation se situe au niveau des interactions entre le moteur de l'application et l'interface utilisateur, en particulier au niveau des bindings. L'interpréteur doit être capable de faire le lien entre des variables du langage source et leur pendant dans la description de la structure de l'interface. Cependant cela nous semble faisable, et n'est pas un obstacle insurmontable à la mise en place de cette architecture.

Le but est d'obtenir, après interprétation de la déclaration de structure de l'interface, un graphe représentant les relations entre les éléments. Il est à noter que les arrêtes de ce graphe doivent être orientées et typées.

Le second va servir à définir le style de l'interface, il est fortement inspiré du CSS utilisé en programmation WEB. Cette feuille de style va compléter notre solution à base de modèle relationnel et nous permettre d'obtenir l'adaptabilité recherchée. Son rôle est de traduire les déclarations de composants et les relations qui les unissent en une présentation graphique adaptée au support. Chaque composant va se voir attribuer un visuel, le graphe relationnel est lui prépondérant dans l'élaboration de l'agencement à l'écran. L'utilisation de cet outil permet à la fois d'avoir un comportement par défaut propre à chaque support, mais peut aussi permettre au programmeur d'établir une charte graphique pour toutes ses applications, et ce sans avoir à s'en préoccuper à chaque nouveau projet. Un choix est à faire à ce niveau, l'utilisation d'un comportement par défaut lié à un support permet à l'application de se « fondre » dans l'écosystème du support considéré, alors que l'utilisation d'un style commun à plusieurs projets mais relativement indépendant des chartes graphiques établies pour chaque support, permet de créer une identité visuelle pour tout un groupe d'applications.

3.4.1 Exemple suivi

La description de la structure a déjà été évoquée lors de l'application à l'exemple du modèle relationnel. Nous avons un menu, deux panneaux, un afficheur de liste et un afficheur de compteur. Le menu est lié par « menu » à chacun des panneaux, c'est une relation orientée du menu vers le panneau ciblé.

Les deux panneaux sont liés par « switch », qui est une relation orientée aussi, mais ici nous l'utilisons dans les deux sens.

Nous omettons volontairement la fenêtre qui n'a pas grand intérêt ici, elle sert de conteneur à l'ensemble.