Programmation orientée objet en Java

Introduction au paradigme Orienté Objet (OO)

Dominique Blouin
Télécom Paris, Institut Polytechnique de Paris
dominique.blouin@telecom-paris.fr

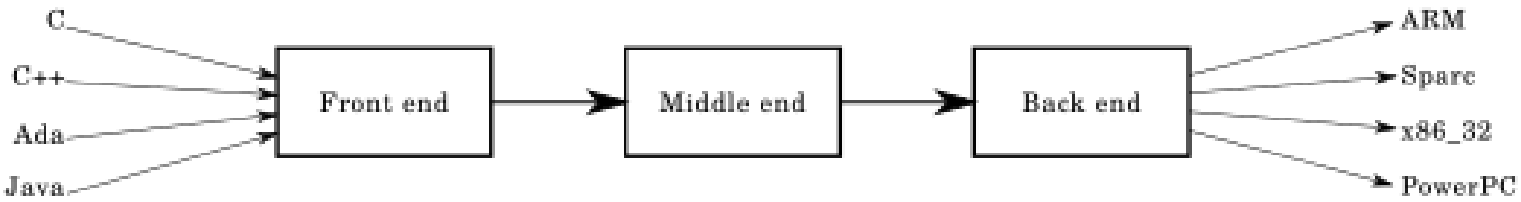
Objectifs d’apprentissage de cette période

- Programmes et programmation.
- Introduction au paradigme de programmation Orienté Objet (OO).

Langages de programmation

- Un langage de programmation permet au programmeur d'écrire son programme avec des concepts de haut niveau.
  - Par exemple, tous les langages proposent la notion de liste de données numériques.

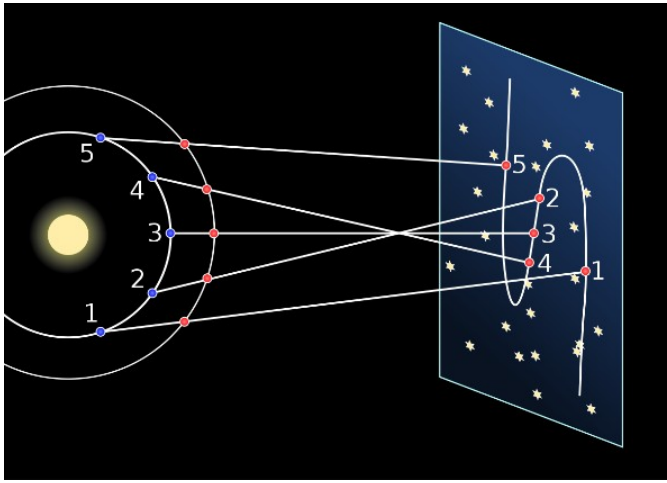
- Le **compilateur** traduit ces concepts de haut niveau en instructions pour l'UAL (Unité Arithmétique et Logique).



- Codées en octets, ces instructions seront chargées en mémoire pour l'exécution du programme.

Paradigmes de programmation

- Paradigme : représentation du monde, manière de voir les choses, modèle cohérent du monde qui repose sur un fondement défini (matrice disciplinaire, modèle théorique, courant de pensée)
  - Source : Wikipédia



- Paradigmes scientifiques :
  - Géocentrisme versus héliocentrisme en astronomie.
  - Importance des **changements** de paradigmes.

- Paradigmes d'ingénierie : manière de **solutionner un problème**.
  - Concernent tout le cycle de vie du système (conception, implémentation, maintenance, etc.).
  - Concernent également **l'environnement** dans lequel l'ingénierie se fait :
    - Méthodes et outils tels que modèles et leurs langages, processus de développement, etc.
    - Par exemple, la méthode Agile peut être vue comme paradigme d'ingénierie.

- Caractéristiques communes entre paradigmes scientifiques et d'ingénierie :
  - Moyens de **caractériser** un ensemble **artefacts** utilisés dans un **environnement** pour solutionner un problème.

- **Paradigmes de programmation :**
  - Caractérisent un **langage de programmation** (artefact) par sa **syntaxe** et sa **sémantique**.

Types de paradigmes de programmation

- **Paradigmes impératifs** (ou procéduraux) : programmes constitués de **commandes** dont l'exécution est déterminée par des **structures de contrôle**.
  - Il y a des structures de données comme un tableau de nombres.
  - Des procédures prennent en paramètres ces structures de données pour effectuer des actions sur ces données et/ou calculer des résultats à partir de ces données.
  - Exemple : une procédure pour trier (réordonner) les éléments d'un tableau en ordre croissant.

- On doit dire à l'ordinateur **comment** faire.

- C'est le type de programmation le plus répandu.
  - Permet de résoudre les problèmes pour lesquels on peut construire une suite de commandes apportant une solution.

Extensions du paradigme impératif

- **Orienté Objet (OO) :** le langage permet de décrire ou de modéliser un problème par une **collection d'objets** qui communiquent entre eux par envoi de **messages**.
  - Java, C#, Smalltalk, Python, Simula, etc.
  - Langages de **modélisation** *(Modelica, Simulink, Scade, etc…)*

- L'OO apporte de la facilité de programmation et une vision **plus claire** du problème.
  - Correspondance directe avec les **objets du réel**.

Paradigmes déclaratifs

- Décrivent un **problème** (souvent sous forme de formules logiques).
  - L'exécution du programme consiste à trouver une ou des **solution(s)** au problème donné.

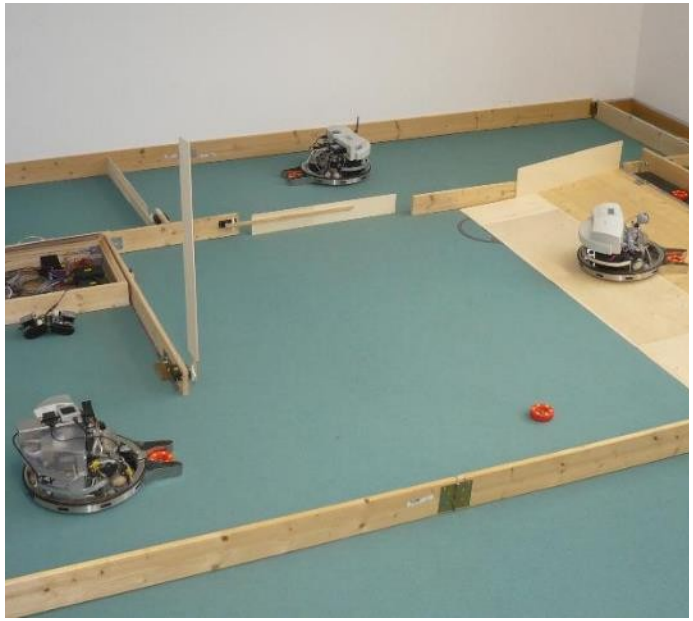
- Exemples :
  - SQL : une requête spécifie **quelles données sont requises** (le quoi ou le problème) et le moteur d'exécution trouve un parcours des tables (le comment ou une solution) pour récupérer les données.
  - Prolog …

- Extensions des paradigmes déclaratifs :
  - Programmation fonctionnelle.
  - Programmation par contraintes.
  - Programmation orientée graphes
  - Etc.

Naissance de l'OO

- La programmation OO a été introduite par le langage **Simula** (SIMple Universal LAnguage) à l'Université d'Oslo en 1967.
- Le problème posé était celui de la **simulation** d'un **ensemble de robots** dans une entreprise.
- Essayer de résoudre ce problème à l'aide de la programmation impérative classique est un vrai casse-tête tant les interactions entre les objets sont nombreuses et imprévisibles.
- Un programme centralisé qui pilote les robots en modifiant une structure de données représentant l'**état de tous les robots** et de l'**environnement** n'est pas impossible mais **très difficile**.
- La solution : l'orienté objet.

Principes de l'OO



- Décrire chacun des éléments du problème par des **classes**.
  - Cela concerne les robots, mais aussi tous les éléments du problème, par exemple l'usine qui contient les robots, les salles, les portes, les machines de production, etc.
- Une classe décrit les **données** contenues dans un objet.
  - Un robot aura par exemple un **niveau d'énergie** entre 0 et 100, une **position** composée de **deux coordonnées**, un **vecteur vitesse**, etc.
  - Ce sont les **attributs** de l'objet.
- C'est similaire à la description d'une **structure de données** telle que vous l'avez apprise en **langage C**.
- La différence est que les objets peuvent s'envoyer des **messages**.
- Un objet recevant un message doit **répondre** à ce message après avoir effectué des **actions** (calculs).

Les robots de Simula

- Exemples de messages :
  - L'utilisateur envoie un message à un robot pour lui dire de démarrer ou d'arrêter son fonctionnement.
  - Un robot signale au contrôle que son niveau d'énergie est trop bas.
  - Deux robots se heurtent, les capteurs envoient des messages.
  - Etc.

- La classe décrit également comment les objets **répondent** aux messages. Ce sont les **méthodes** de l'objet.
  - Par exemple, si un robot reçoit le message **`start()`**,il démarre et renvoie la réponse **done** si le démarrage s'est bien passé ou la réponse **`failed`** si le démarrage a échoué.

Simulation des robots

- Le programmeur décrit chacun des objets de l'usine par une **classe**.
- Au lancement du programme, le programmeur crée des **objets** :
  - Un poste de contrôle.
  - Des robots.
  - Etc.
- Les objets interagissent par **envoi de messages**.
- Les messages initiaux sont envoyés par l'utilisateur du simulateur.
- Il n'y a **pas de contrôle centralisé** qui gère l'ensemble des actions de tous les robots et de leur environnement.

Exemple avec une interface graphique simple

- Tout ce qui apparaît sur l'écran d'un ordinateur fait partie des interfaces graphiques : fenêtres, menus, boutons, champs d'entrée, zone de dessin, etc.

- L'utilisateur, par ses interactions avec le clavier et la souris, déclenche des **actions** du programme :
  - Création d'une nouvelle fenêtre.
  - Action associée à un bouton.
  - Etc.

- Certains changements sont automatiques : les animations.

- Comme dans le cas des robots, on peut imaginer une structure de données décrivant l'état de l'**interface graphique et de tous ses éléments**.

- Et il est tout aussi difficile d'imaginer un contrôle centralisé devant gérer cette interface graphique.

L'approche OO

- Dans l'approche OO des interfaces graphiques, chaque élément apparaissant sur l'écran est un **objet**.

- Chacun de ces objets a des **attributs** :
  - Ses coordonnées sur l'écran.
  - Ses dimensions.
  - Sa profondeur (qui est devant qui ?)
  - Etc.

- Chacun de ces objets a des **méthodes** qui lui permettent de **répondre aux messages** qu'il reçoit.

- Les attributs et les méthodes d'un objet dépendent de son **type** :
  - Fenêtre, bouton, etc.

- Chaque type d'objet est décrit par une **classe** contenant les déclarations d'**attributs et de méthodes**.

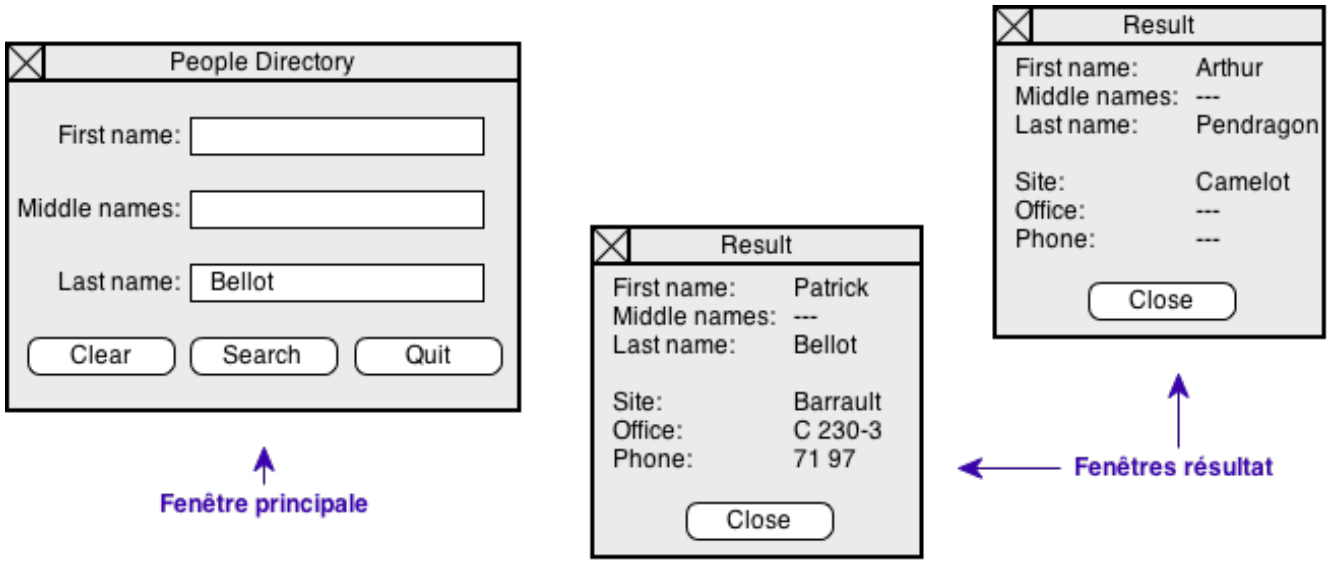
Les messages dans les interfaces graphiques

- Le principal émetteur de messages est l'utilisateur de l'ordinateur :
  - Un clic de souris avec l'un des boutons.
  - Un déplacement de la souris.
  - La frappe d'une touche du clavier.
  - Etc.

- En réponse à une action de l'utilisateur sur l'un des objets de l'interface graphique, cet objet peut émettre des messages à destination d'autres objets de l'interface graphique.

- Voyons cela sur un exemple...

Exemple d’un logiciel d'annuaire



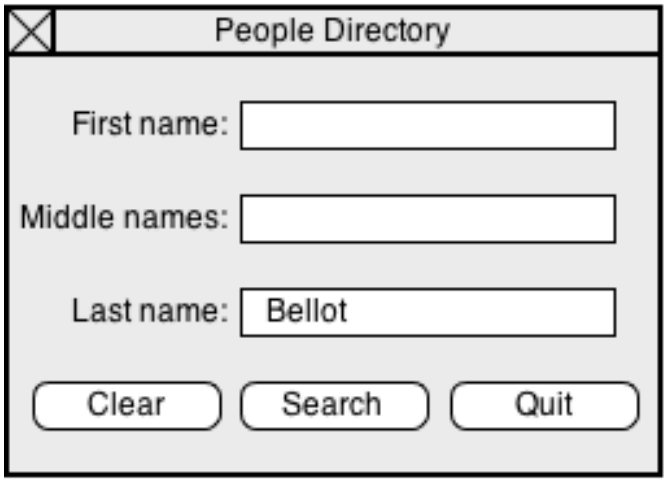
- Dans ce logiciel, on entre des données dans la fenêtre principale de l’application sur une personne recherchée dans un annuaire.
- Puis on clique sur un bouton ***Search*** et une fenêtre est créée pour afficher le résultat de la recherche.
- Un bouton ***Clear*** permet de réinitialiser les champs d'entrée.
- Un bouton ***Quit*** permet de terminer l'application.

Architecture des objets (1)

- Pour qu'un objet puisse envoyer un message à un autre objet, il faut qu'il **connaisse** cet autre objet.
- Un objet connaît un autre objet s'il possède une **référence** sur cet autre objet.
- Une référence sur un objet est un **attribut** qui **identifie** l'objet référencé.
- Le programmeur doit déterminer les références entre les objets : quel objet doit connaître quel objet ?
  - Également appelé l'**environnement de l'objet**.

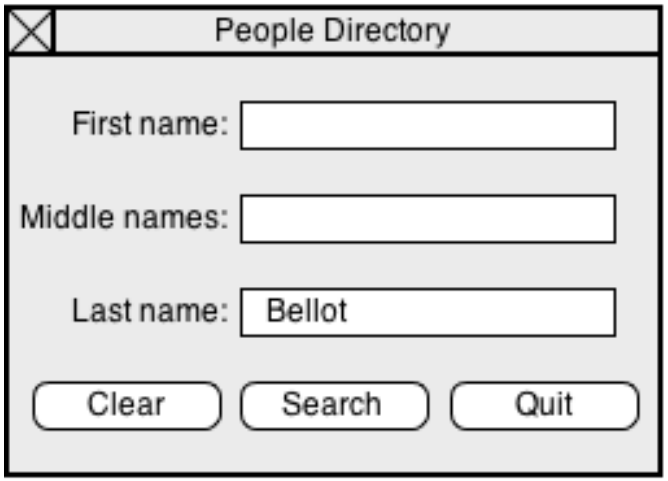
Architecture des objets (2)

- La fenêtre principale contient trois **objets** de type **champs d'entrée**.
- Comme elle doit pouvoir y accéder, elle doit **connaître** ces champs.
  - La fenêtre principale doit donc avoir trois **attributs** qui sont des **références** sur les champs d'entrée.
- La fenêtre principale doit pouvoir **créer** des fenêtres résultats.
- Lorsque l'application se terminera, elle devra également faire **disparaître** ces fenêtres.
  - La fenêtre principale doit donc avoir un **attribut** qui est une **liste de références** sur les fenêtres résultats.



Architecture des objets (3)

- Une fenêtre résultat peut être fermée en cliquant sur son bouton ***Close***.
- Mais il ne faut pas oublier que la fenêtre principale maintient une **liste des fenêtres** résultats.
- Si une fenêtre résultat est fermée par son bouton ***Close***, il faudra qu'elle **prévienne** (envoyer un message à) la fenêtre principale.
- Chaque fenêtre résultat doit donc avoir un **attribut** qui est une **référence sur la fenêtre principale**.

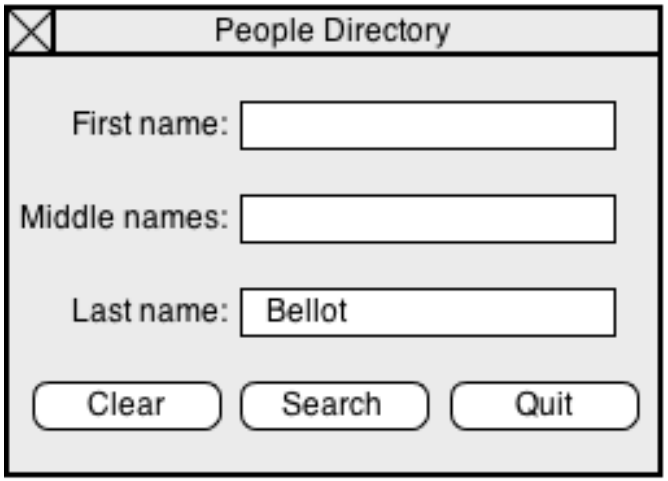


Architecture des objets (4)

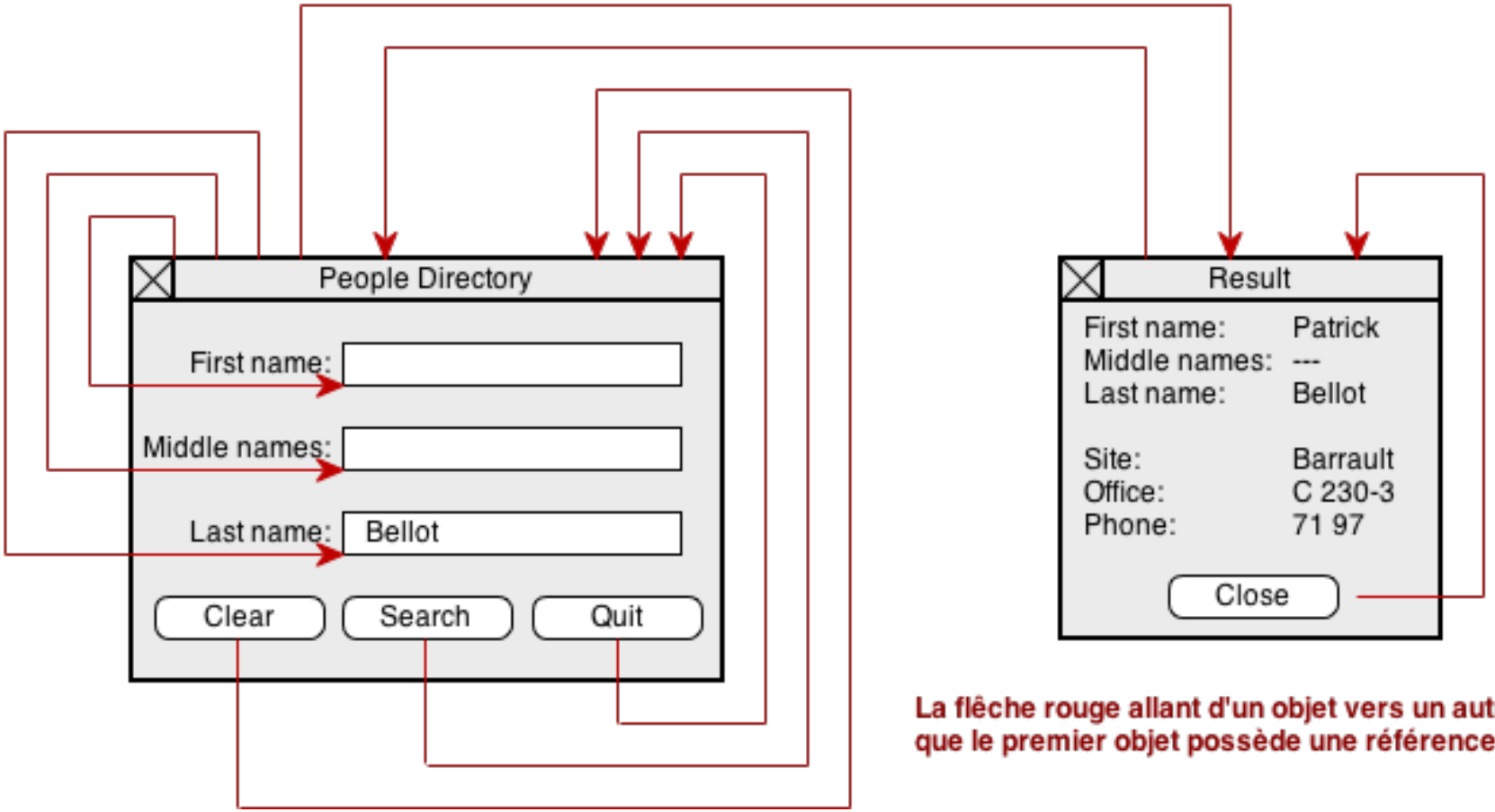
- Tous les boutons déclenchent des **actions** :
  - ***Clear***, ***Search*** et ***Quit*** dans la fenêtre principale.
  - ***Close*** dans les fenêtres résultat.

- Lorsque l'utilisateur cliquera sur l'un de ces boutons, le plus simple est que le bouton **demande** à la **fenêtre qui le contient** de faire le travail.
  - Par exemple, ***Clear*** **demande** à la fenêtre principale d'effacer **ses** champs.

- Donc, chaque bouton devra avoir un **attribut** qui sera une **référence** sur la fenêtre qui le contient.



Visualisation de l'architecture des objets

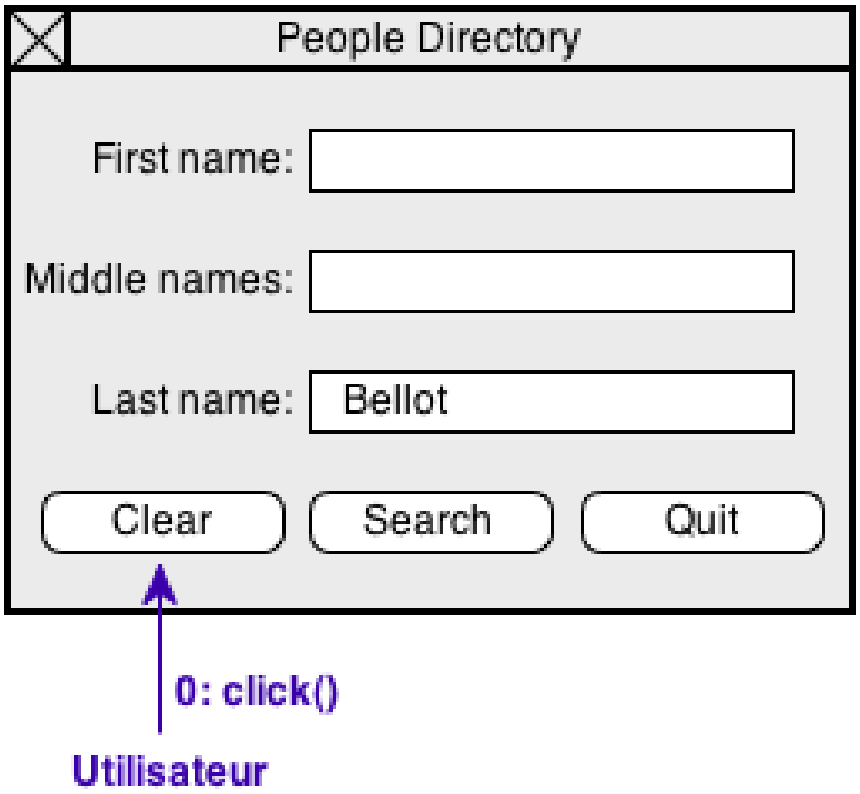


La flèche rouge allant d'un objet vers un autre signifie que le premier objet possède une référence sur le second.

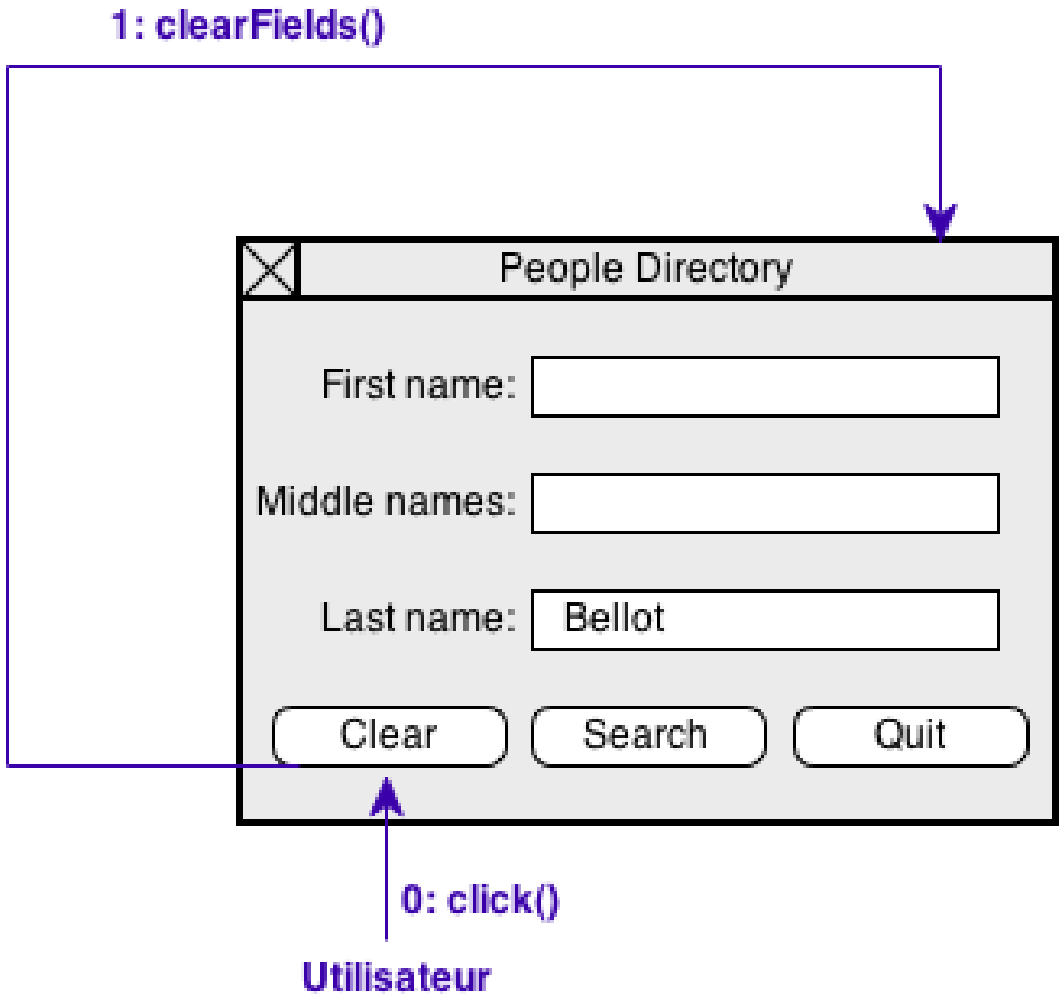
Cascade de messages

- Que doit-il se passer lorsque l'utilisateur clique sur le bouton ***Clear*** ?
  - Il faut alors **effacer** les trois champs d'entrée.
- Lorsque l'utilisateur cliquera sur le bouton ***Clear***, le bouton recevra un message **`click()`**.
- Le bouton se contente alors d'envoyer le message **`clearFields()`** à la **fenêtre qui le contient**.
- Et cette fenêtre enverra le message **`clear()`** à chacun de ses champs d'entrée.
- A la réception du message **`clear()`**, chaque champ d'entrée **efface** son texte et renvoie un message **ok** à la fenêtre qui le contient.
- Lorsque la fenêtre aura reçu les trois messages **ok** des trois boutons, elle renverra un message **ok** au bouton ***Clear***.

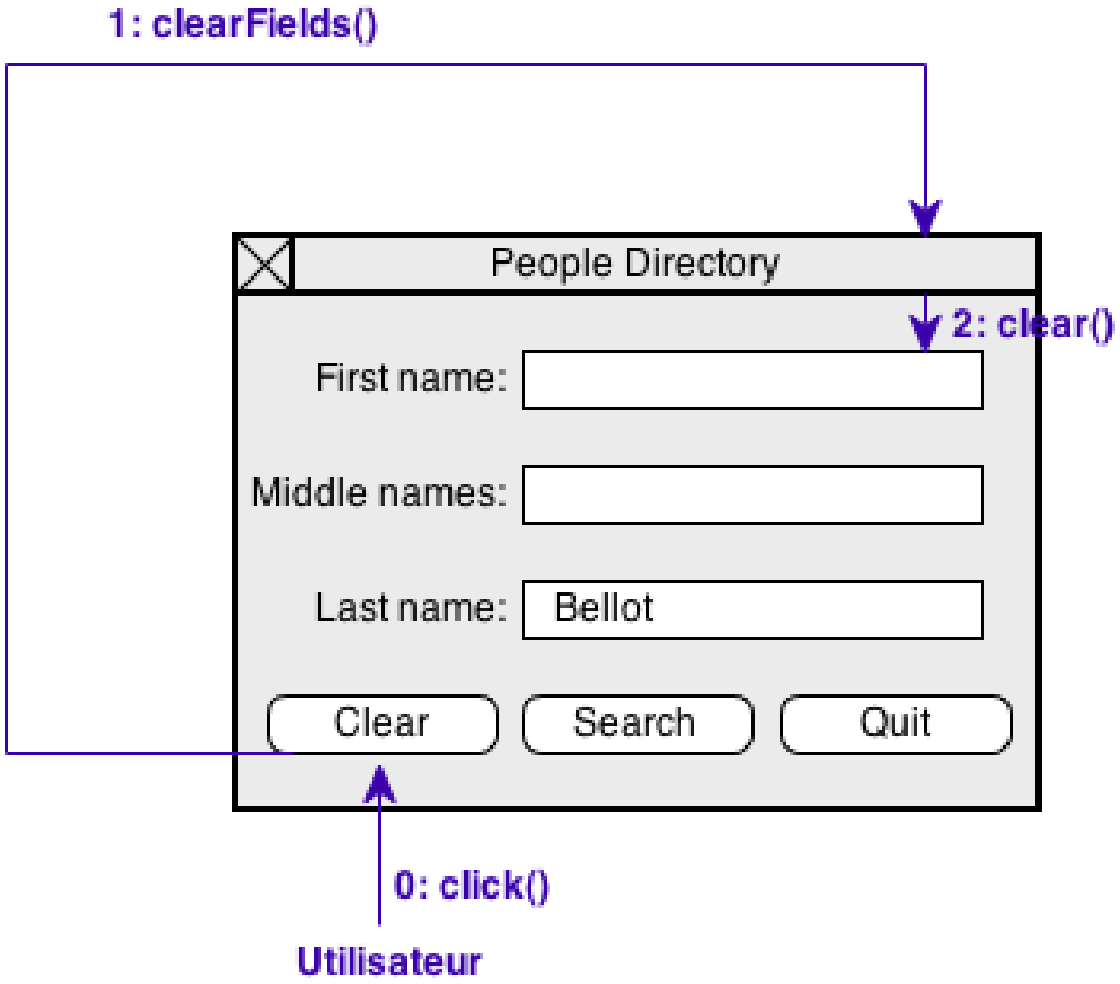
Illustration des messages envoyés entre les objets : le bouton *Clear*



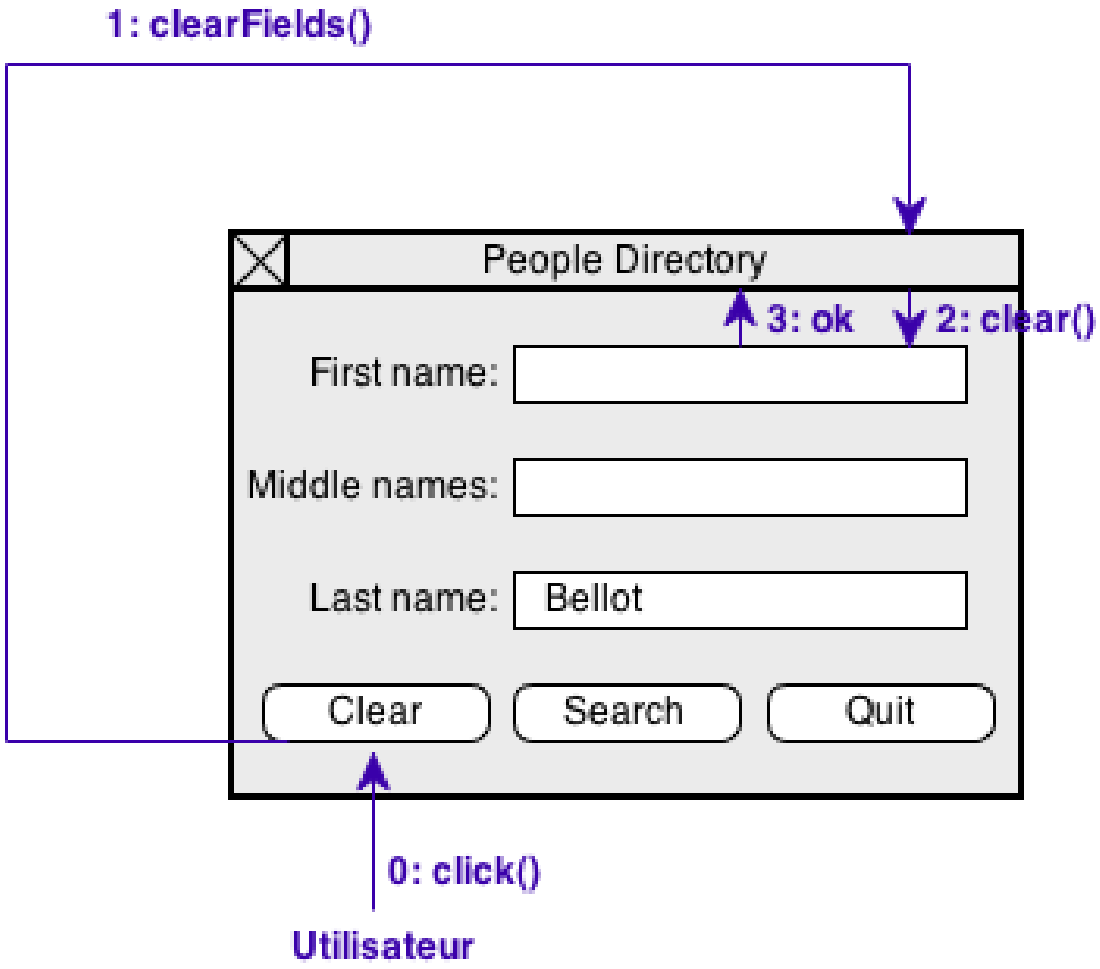
Le bouton Clear



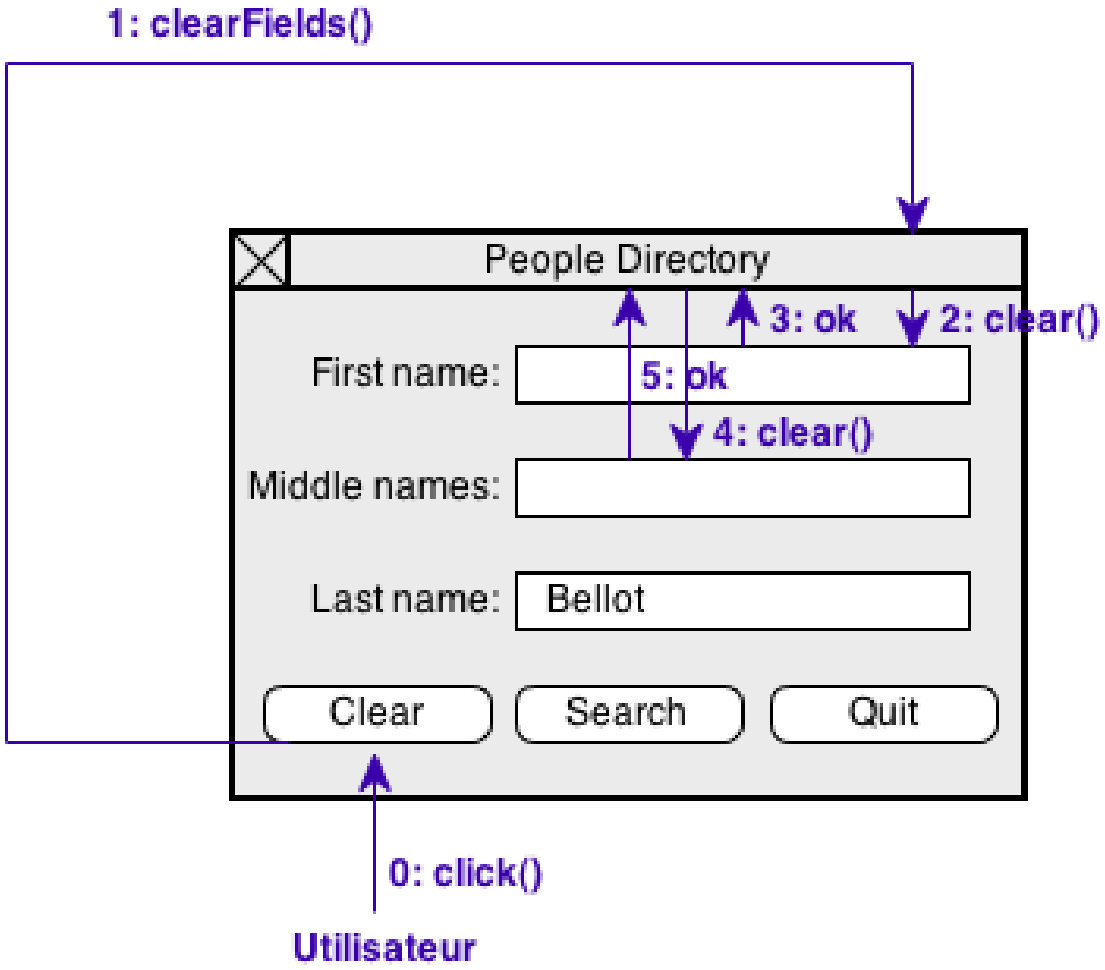
Le bouton Clear



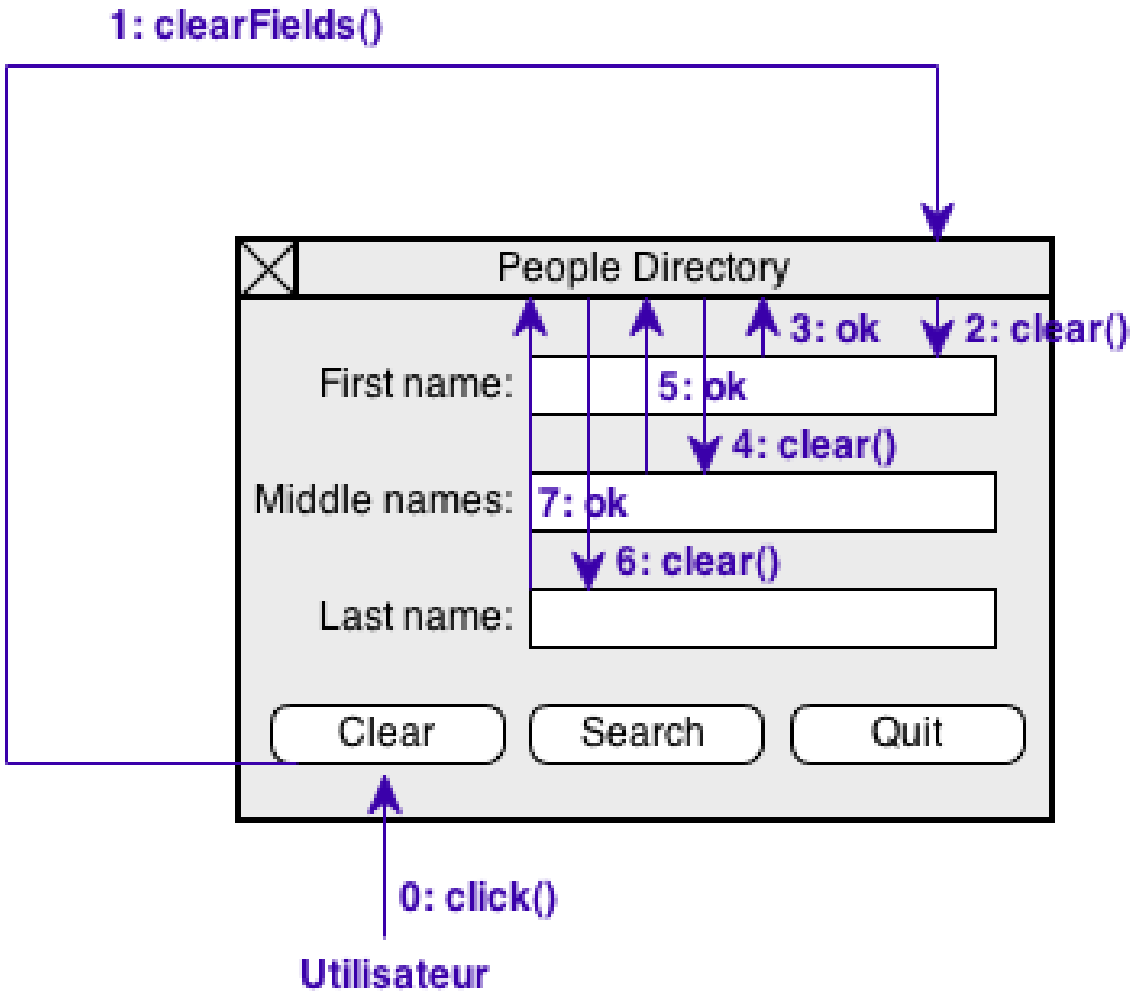
Le bouton *Clear*



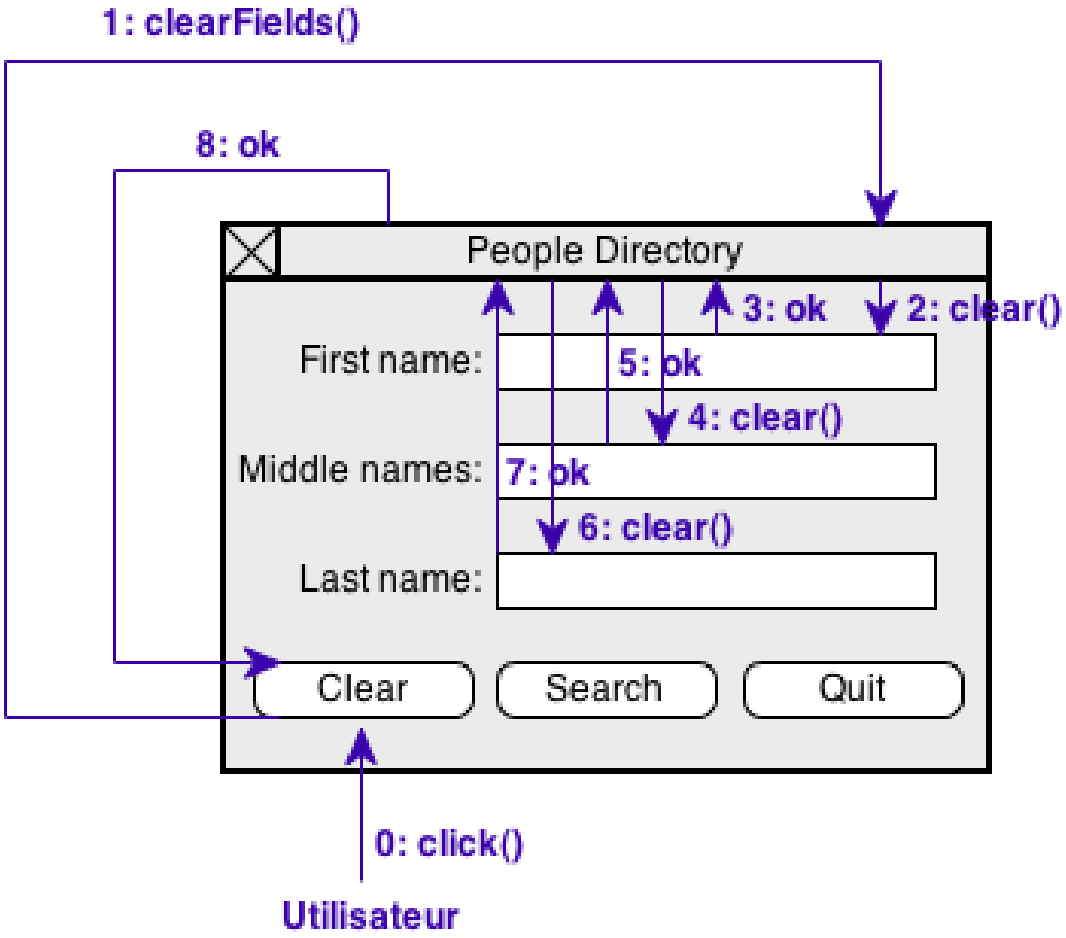
Le bouton *Clear*



Le bouton *Clear*



Le bouton *Clear*



Avantages de l'OO

- Pour chaque objet, il suffit de programmer les **méthodes** qui déterminent les **traitements** et **réponses** aux messages reçus par les objets.
  - Ces méthodes sont généralement très simples.

- Exemple **:** la méthode correspondant au message **`click()`** pour le bouton ***Clear*** :
  - *Se redessiner **enfoncé**.*
  - *Envoyer le message **`clearFields()`** à la fenêtre principale.*
  - *Attendre la réponse **`ok`.***
  - *Se redessiner **relevé**.*

Avantages de l'OO

- Chaque objet possède ses propres **méthodes** pour répondre aux **messages**.
  - Les algorithmes sont **morcelés** en parties plus **simples** qui sont **réparties** parmi les objets.
- Chaque objet est **responsable** des interactions avec son **environnement**.
- Cet environnement est composé des objets que l'objet **connaît** et des objets qui **connaissent** l'objet.
- Les algorithmes de chaque objet sont plus faciles à concevoir car plus **simples** qu'un algorithme **global** qui tenterait de **tout gérer** en même temps.

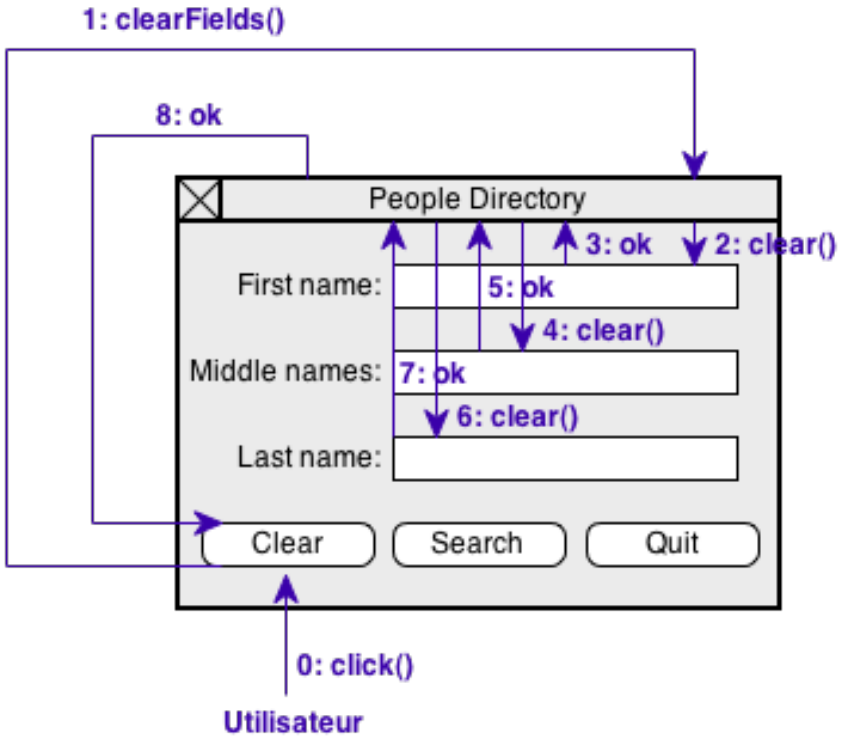
Deux principes importants de l'OO : non-intrusion et délégation

- Principe de **non-intrusion** : on évite de travailler sur un objet depuis l'**extérieur** de l'objet.
- Par exemple, si j'ai besoin d'emprunter un téléphone à quelqu'un, je ne vais pas **directement** le prendre à la personne (**non intrusif).**

- Je vais plutôt lui **demander** de me **prêter** son téléphone.
  - Envoyer un **message** à la personne et lui **déléguer** le travail de me **prêter** le téléphone.
- Ainsi, la personne possédant le téléphone pourra le **préparer** avant de me le donner.
  - Par exemple, le déverrouiller s'il est protégé par un mot de passe.

Exemple avec le logiciel d'annuaire

- Ainsi le bouton ***Clear*** ne va pas **vider lui-même** les champs d'entrée dans la fenêtre principale, mais il **demandera** plutôt à la fenêtre de le faire.
- Intérêt : si l'on **rajoute** un champ de saisie dans la fenêtre, il ne faudra modifier que la méthode de la fenêtre principale, qui elle **connaît** ses champs.
- Intérêt : on **encapsule** et on **localise** le code dans un nombre **restreint** de classes.



Flot d'exécution

- On appelle **flot d'exécution d'un programme** la suite des **actions** exécutées par le programme.

- Comme nous le verrons, ces actions peuvent être:
  - Des envois de messages.
  - Des calculs de valeurs.
  - Des entrées-sorties de données.
  - Lire et écrire des données en mémoire.
  - Etc.

- Ces actions sont exécutées **séquentiellement**.

En résumé…

- Les **objets** sont des entités informatiques qui communiquent par **envois de messages**.
- Les objets contiennent des **valeurs** appelées des **attributs**. Parmi ces attributs, on peut trouver des **références** sur d'**autres objets**.
  - Environnement de l'objet ; les objets qu'il connait.
- Une référence sur un objet permet de lui envoyer un **message**.
- Pour chaque type de message que l'objet peut recevoir, l'objet connaît une **méthode** associée au type de message.
- Cette méthode est une **fonction** ou une **procédure** ou (voir langage C) qui est **exécutée par l'objet** lorsqu'il reçoit le type de message associé.

En résumé…

- Un **type d'objet** est décrit par une **classe**.
  - La classe décrit les attributs : nom et type de valeur
  - La classe décrit les méthodes utilisées pour répondre aux messages.

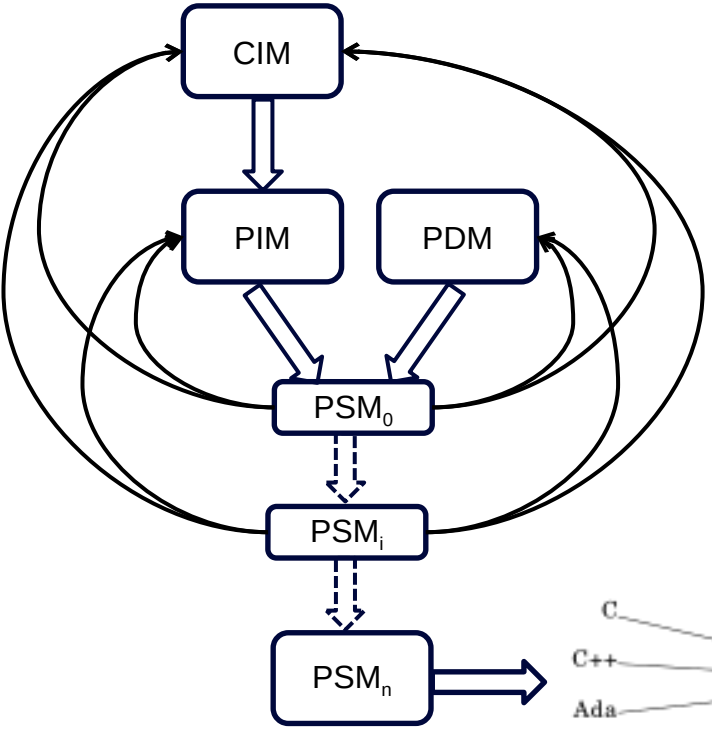
- Le programmeur peut créer des objets à partir de la classe. C'est le processus d'**instanciation**. On dit que les objets sont des **instances** de la **classe**.

- Deux grandes catégories de langages de programmation OO :
  - Langages à base de classes : Smalltalk, Java, C#, C++, etc.
  - Langages à base de prototypes : JavaScript, Lua

- Au-delà des langages de programmation, l'OO est **essentiel pour la modélisation**.

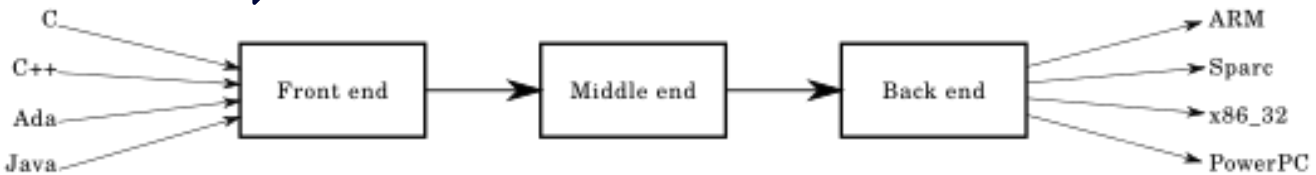
Modéliser au lieu de programmer…

- Concevoir le système avec des **modèles** (de plus haut niveau **d'abstraction**), **vérifier** les modèles de la conception et **générer le code automatiquement** !



- CIM (Computation-Independent Model) : décrit les exigences du système ainsi que sa manière de fonctionner dans son environnement, alors que les détails de la structure de l'application et de sa réalisation ne sont **pas encore déterminés**.
- PIM (Platform-Independent Model) : décrit les détails du système sans montrer les détails **spécifiques à une plateforme d'exécution** ou à une technologie particulière.
- PDM (Platform Description Model) : décrit la **plateforme d'exécution** (processeurs, mémoires, bus, etc.)
- PSM (Platform-Specific Model) : décrit le logiciel **déployé** sur la plateforme d'exécution.

- →: Analyse et modifications itératives des modèles de conception
- ⇨: Transformation de modèles



- Une grande partie des langages de modélisation sont **orientés objet** :
  - Par exemple, UML, SysML, AADL, Modelica, etc.