

# Tests et débogage

INF304

# Pourquoi tester un programme ?

(après tout, si les programmes sont corrects, il n'y a pas besoin de les tester, non ?)

# Pourquoi tester un programme ?

(après tout, si les programmes sont corrects, il n'y a pas besoin de les tester, non ?)

- Taille des «vraies» applications  
Par exemple : un éditeur de texte, un compilateur, un navigateur web, un système d'exploitation, etc.

# Pourquoi tester un programme ?

(après tout, si les programmes sont corrects, il n'y a pas besoin de les tester, non ?)

- Taille des «vraies» applications  
Par exemple : un éditeur de texte, un compilateur, un navigateur web, un système d'exploitation, etc.
- Développement en équipe : personne n'a l'ensemble du code «dans la tête»

# Pourquoi tester un programme ?

(après tout, si les programmes sont corrects, il n'y a pas besoin de les tester, non ?)

- Taille des «vraies» applications  
Par exemple : un éditeur de texte, un compilateur, un navigateur web, un système d'exploitation, etc.
- Développement en équipe : personne n'a l'ensemble du code «dans la tête»
- Interaction avec le matériel, la plate-forme d'exécution  
Par exemple : logiciel embarqué (smartphone, pilote automatique, etc.)

# Pourquoi tester un programme ?

(après tout, si les programmes sont corrects, il n'y a pas besoin de les tester, non ?)

- Taille des « vraies » applications  
Par exemple : un éditeur de texte, un compilateur, un navigateur web, un système d'exploitation, etc.
- Développement en équipe : personne n'a l'ensemble du code « dans la tête »
- Interaction avec le matériel, la plate-forme d'exécution  
Par exemple : logiciel embarqué (smartphone, pilote automatique, etc.)
- Il n'existe pas de méthode « sûre » de développement logiciel... et les erreurs logicielles peuvent coûter très cher ! (voire des vies humaines...) → le test reste une des méthodes de validation les plus efficaces

# Qu'est-ce qu'un «test» ?

À vous !...

# Qu'est-ce qu'un «test» ?

- Activité de **validation** : on s'assure que le logiciel/programme/module a un comportement qui correspond à ce qui est attendu
- Activité de validation **parmi d'autres...**  
Autres méthodes de validations :
  - analyse statique [NB : le typage est une forme d'analyse statique]
  - calcul de complexité
  - preuve de programme ( $\pm$  automatique)
  - model-checking
  - ...
- Ce qui caractérise le **test** : on va **exécuter** ce qu'on teste avec **plusieurs entrées**, choisies avec pertinence

# Place du test dans le cycle de développement

Taille des applications/programmes, présence inévitables d'erreurs  $\implies$  **forte** importance du test dans le processus de développement de logiciel (environ **30 à 50% du temps de développement**).

Différentes formes possibles :

- **tester a posteriori** (après la phase de codage)  
→ le plus classique, mais pas le plus efficace en coût et temps !
- **tester au fur et à mesure**  
→ meilleure solution, permet de détecter les pbs plus tôt (mais il faut pouvoir tester du code incomplet, nécessite de «simuler» les morceaux manquants ...)
- **diriger le développement par le test** (TDE, "test driven developemnt")
  - écrire les tests **avant** le code
  - répéter en permanence «coder-tester-coder-tester-...»

# Méthodes de tests : généralités

En général, pour des gros projets logiciels, l'équipe de testeurs est distincte de l'équipe de développeurs.

Il existe de nombreux outils pour automatiser certaines phases du test :

- gain de temps
- moins d'erreurs possibles dans la mise en oeuvre des tests (on les verra au fur et à mesure)

On ne peut rien tester sans «**spécification**», c'est-à-dire une **description du comportement attendu du programme**

## Remarque importante

Question : **en pratique**, à quoi **sert** le test ?

## Remarque importante

Le test sert à **rechercher des erreurs éventuelles**, plutôt que de **vérifier le bon fonctionnement du programme**

- on ne trouvera des erreurs que là où on les a cherchées...
- surtout, l'**absence d'erreurs** ne permettra pas de «prouver» que l'application est «correcte»...

# Différentes formes de test...

... pour différents objectifs :

- Tests **fonctionnels** ou de **conformité**
- Tests de **robustesse**
- Tests unitaires
- Tests de non-régression
- Tests de performance
- Tests de sécurité
- Tests d'intégration

(liste non exhaustive...)

# Tests fonctionnels

Parfois appelés «tests de conformité»

→ tester que le programme est «conforme à sa spécification» (sujet des exercices à venir...)

Exemple : un programme de tri doit effectivement trier les éléments (mais pas en inventer ni en supprimer...)

# Tests de robustesse

→ tester que le programme résiste à un environnement d'exécution  
«dégradé»

- pannes matérielles
- entrées «hors-spécification»

Par exemple : un pilote automatique, une interface graphique...

On utilise pour cela un «modèle de fautes», qui décrit les problèmes possibles (on est obligé de faire certaines hypothèses sur l'environnement...)

# Tests unitaires/tests d'intégration

## Tests unitaires

→ tester les différents sous-programmes, paquetages indépendamment, par exemple :

- une fonction de tri d'un tableau
- un paquetage de lecture d'un fichier image

## Tests d'intégration

→ tester une application complète

# Tests de non-régression

→ tester qu'un changement de version, une mise à jour, une correction ne «détruit pas» les fonctionnalités existantes

Par exemple : changement de version de l'OS, correction d'un bug...

# Tests de performance

→ tester que les performances du programme sont satisfaisantes

- temps de réponse
- résistance à la charge
- occupation mémoire (RAM, disque, etc.), bande passante utilisée...
- etc.

Par exemple : un serveur Web, une application smartphone, ...

# Tests de sécurité

—> tester que le programme résiste à un environnement d'exécution  
«volontairement hostile»

- éviter que l'application soit rendu inopérante («déni de service»)
- éviter que des informations soit modifiées (intégrité), accédées (confidentialité) par des utilisateurs non autorisés à le faire

Exemples : un serveur Web ; un système d'exploitation

## Dans cette UE...

... on s'intéressera en particulier aux tests **fonctionnels** et de **robustesse**

## Test fonctionnel : principe

- produire une **suite de tests** (ou un « jeu de test »), selon un **objectif de test** (= on **sait** ce qu'on veut tester)
- **exécuter** chacun de ces tests : → décider quel est le verdict (par exemple en utilisant un oracle)  
→ on est sensé **connaître à l'avance** le résultat **attendu**
- établir un **verdict** : quelle est la **conclusion** du test ?

# Objectifs de tests

Un objectif de test peut-être par exemple :

- une **fonctionnalité particulière** que l'on veut tester  
(ex : ajouter un utilisateur déjà existant dans une application, empiler un premier élément dans une pile vide, ...)
- un scénario complet d'exécution  
(ex : lire une image de taille 100x100, appeler une fonction inverse vidéo, la ré-écrire dans le même fichier)

# Verdicts

Le **verdict** est généralement de la forme :

- Pass (le test a réussi)
- Fail (une erreur a été trouvée)
- Inconclusive (le test n'a pas pu se dérouler correctement ou n'a pas atteint son objectif)

# Verdicts

Le **verdict** est généralement de la forme :

- Pass (le test a réussi)
- Fail (une erreur a été trouvée)
- Inconclusive (le test n'a pas pu se dérouler correctement ou n'a pas atteint son objectif)

Mais... **qui établit ce verdict ?**

# Oracles

Dans l'activité de test, un **oracle** désigne ce qui permet d'**établir le verdict du test** à l'issue de son exécution

l'**oracle** peut soit être **le testeur lui-même** (qui «voit» l'exécution du test), soit **un programme ou une fonction** qui établit le verdict **automatiquement** (**indispensable** dès que le jeu de test est conséquent : plusieurs dizaines/centaines/milliers de tests...)

Exemple : vérifier qu'un tableau de 100 ou 1000 éléments est correctement trié ...

Rq : le rôle de l'oracle est de vérifier que la spécification a bien été respectée

## Le plus dur reste à faire...

Toutes ces étapes peuvent être plus ou moins automatisées, mais le plus difficile reste **la production de la suite de tests** (= choisir des tests à exécuter).

→ on s'intéresse dans la suite à deux grandes techniques : le **test «boîte noire»** et le **test «boîte blanche»**.

## Test fonctionnel en «boîte noire»

«Boîte noire» = on ne se sert pas du programme source pour générer les tests, mais uniquement de sa spécification...

→ nécessité d'avoir des spécifications précises.

- Intérêt : le testeur n'a pas d'a priori, il peut imaginer des scénarios de test originaux
- Inconvénient : le testeur doit être créatif ; on ne sait pas quelle portion du code a été testée...

# Approches pour la production de tests

Quelques approches possibles (non exclusives...) :

- **test aux bornes** → tester les valeurs limites des entrées  
ex : trier un tableau vide, inverser une image entièrement noire
- **partitionner** l'ensemble d'entrée en fonction du **résultat attendu**  
→ énumérer les différentes classes de résultats possibles et choisir les entrées susceptibles de générer ces résultats  
ex : recherche du max de 3 entiers (max = 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> entier saisi)
- **partitionner** l'ensemble des entrées en fonction de sa **structure** (vis-à-vis du résultat attendu)  
ex : tester le tri de 3 entiers (séquence d'entrée croissante, décroissante, stationnaire, croissante puis décroissante, etc.)
- **test aléatoire** → on choisit aléatoirement des entrées (**correctes**)

## Deux remarques importantes...

- notion de «couverture du domaine des entrées» à avoir en tête ; mais comme dans le cas général on ne peut pas être exhaustif, on se base sur une **partition** (c'est une «hypothèse d'uniformité»)

## Deux remarques importantes...

- notion de «**couverture du domaine des entrées**» à avoir en tête ; mais comme dans le cas général on ne peut pas être exhaustif, on se base sur une **partition** (c'est une «hypothèse d'uniformité»)
  - sauf exception (i.e., si on choisit explicitement la méthode «test aléatoire»), on n'écrit pas de tests au hasard, mais on suit une **méthode systématique** qu'il faut **définir au préalable**
- NB : c'est cette méthode qu'on vous demande de **décrire** dans les exercices...

## Test fonctionnel «boîte blanche»

«Boîte blanche» = le testeur **utilise le code source du programme à tester** pour produire les tests.

Deux approches complémentaires possibles :

- On peut (**doit**) appliquer la même technique que pour les tests en «boîte noire» (raisonnement à partir de la spécification)
- On peut **EN PLUS** utiliser le code source. Approche basée sur la notion de «couverture de code» :
  - **couverture des fonctions/sous-programme**  
→ chaque fonction doit être exécutée au moins une fois par au moins un test du jeu de tests
  - **couverture des instructions**  
→ chaque instruction doit être exécutée au moins une fois dans un des tests
  - plus complexe (voire parfois impossible) à mettre en œuvre :  
**couverture des chemins d'exécution**

## Le débogage

- On ne «débuggue» pas à partir de rien : on part d'un test qui a «échoué»...  
(À répéter : **ON N'EFFACE JAMAIS UN TEST, QUEL QUE SOIT SON RÉSULTAT**)

# Le débogage

- On ne « débogue » pas à partir de rien : on part d'un test qui a « échoué »...  
(À répéter : **ON N'EFFACE JAMAIS UN TEST, QUEL QUE SOIT SON RÉSULTAT**)
- Deux approches possibles :
  - **À partir du test** : essayer de « caractériser » le bug en essayant de le reproduire avec différents tests (hypothèse : « quelle propriété du test a fait apparaître ce bug ? »)
  - **À partir du programme** : identifier la position/la source de l'erreur
    - partir d'**hypothèses** sur l'exécution du programme : pour une entrée **donnée** (le test qui a échoué...), on connaît *a priori* le déroulement **attendu** du programme  
Par ex. : valeur d'une variable à une position donnée, nombre d'itérations, chemin d'exécution emprunté, ...
    - on cherche ensuite à quel endroit l'exécution du programme **diverge** de ces hypothèses  
→ outils : assertions, points d'observations, ...  
Ou encore mieux : utilisation d'un **débogueur** !