Algorithmique Appliquée

BTS SIO SISR

Tests, exceptions, assertions

Yvo Solutions
Loïc Yvonnet

Plan

- Gestion d'erreurs avec des codes de retour
- Notion d'exception
- Gestion d'exceptions et classes d'exception
- Programmation offensive et défensive
- Invariants
- Assertions
- Tests en boîte opaque
- Tests en boîte transparente
- Automatisation des tests
- Tests unitaires
- Tests pilotant le développement
- Pyramide de tests

Gestion d'erreurs avec des codes de retour

Sources d'erreurs (1/2)

- Première source d'erreur : **entrées utilisateur**.
  - Utilisateur **distrait**.
  - Utilisateur **malveillant**.

Sources d'erreurs (2/2)

- Autres sources d'erreur :
  - Limites de l'ordinateur :
    - `int` $\neq \mathbb{Z}$.
    - `float` $\neq \mathbb{R}$.
    - Mémoire de la machine limitée.
    - Espace disque limité.
  - Pannes réseau.
  - Bug dans une bibliothèque utilisée.

Problématiques

- Comment gérer efficacement les erreurs sans impacter les performances ni la clarté du code ?
- Quand doit-on gérer les erreurs ?
- Comment documenter les erreurs et informer de manière claire, accessible et complète ?

⚠️ Mauvaise idée

```python
def divise(a, b):
    """Renvoie la division de a par b ou une erreur."""
    if b == 0:
        return "Erreur : division par 0"

    return a / b
```

➡️ Pourquoi est-ce une mauvaise idée ?

⚠️ Mauvaise idée

```
def divise(a, b):
    """Renvoie la division de a par b."""
    if b == 0:
        return float("inf")

    return a / b
```

➡️ Pourquoi est-ce une mauvaise idée ?

⚠ Mauvaise idée

```
def niveau_gris(rouge, vert, bleu):
    """Renvoie un niveau de gris à partir d'une couleur RVB.

    rouge, vert et bleu sont des entiers dans [0 ; 255].
    """
    if rouge < 0 or rouge > 255:
        return None
    if vert < 0 or vert > 255:
        return None
    if bleu < 0 or bleu > 255:
        return None

    return (rouge + vert + bleu) // 3
```

➡ Pourquoi est-ce une mauvaise idée ?

⚠️ Solution *partielle*

```python
def divise(a, b):
    """Renvoie la division de a par b et un statut."""
    if b == 0:
        return 0, False

    return a / b, True

resultat, succes = divise(15, 0)
if succes:
    print(resultat)
```

⚠ Solution *partielle*

```
def niveau_gris(rouge, vert, bleu):
    """Renvoie un niveau de gris à partir d'une couleur RVB.

    rouge, vert et bleu sont des entiers dans [0 ; 255].
    """
    if rouge < 0 or rouge > 255:
        return 0, 1
    if vert < 0 or vert > 255:
        return 0, 2
    if bleu < 0 or bleu > 255:
        return 0, 3

    return (rouge + vert + bleu) // 3, 0

gris, statut = niveau_gris(255, 0, 0)
if statut == 0:
    print(f"ok : {gris}")
else:
    print(f"Erreur : l'argument n°{statut} n'est pas dans [0 ; 255]")
```

Amélioration : quelques constantes

```
SUCCES = 0
ERREUR_ROUGE = 1
ERREUR_VERT = 2
ERREUR_BLEU = 3

def niveau_gris(rouge, vert, bleu):
    """Renvoie un niveau de gris à partir d'une couleur RVB.

    rouge, vert et bleu sont des entiers dans [0 ; 255].
    """
    if rouge < 0 or rouge > 255:
        return 0, ERREUR_ROUGE
    if vert < 0 or vert > 255:
        return 0, ERREUR_VERT
    if bleu < 0 or bleu > 255:
        return 0, ERREUR_BLEU

    return (rouge + vert + bleu) // 3, SUCCES
```

Amélioration : dictionnaire de messages

```
SUCCES = 0
ERREUR_ROUGE = 1
ERREUR_VERT = 2
ERREUR_BLEU = 3

MESSAGES = {
    SUCCES : "OK",
    ERREUR_ROUGE : "Rouge à l'extérieur de l'intervalle [0 ; 255]",
    ERREUR_VERT : "Vert à l'extérieur de l'intervalle [0 ; 255]",
    ERREUR_BLEU : "Bleu à l'extérieur de l'intervalle [0 ; 255]"
}

def niveau_gris(rouge, vert, bleu):
    # [...]

gris, statut = niveau_gris(255, 0, 0)
if statut == 0:
    print(f"ok : {gris}")
else:
    print(f"Erreur : {MESSAGES[statut]}")
```

Notion d'exception

Introduction aux exceptions

```
liste = [0, 1, 2]
liste[3]
```

```
IndexError: list index out of range
```

Autre exemple

```
resultat = 1 / 0
```

```
ZeroDivisionError: division by zero
```

Quelques exceptions classiques

- `IndexError`
- `NameError`
- `TypeError`
- `ValueError`
- `ZeroDivisionError`

Bug ou erreur ?

- Une exception peut survenir à cause d'un bug dans le programme.
- Dans ce cas, il faut simplement corriger le code.
- Une exception peut survenir à cause d'une mauvaise entrée d'un utilisateur.
- Dans ce cas, le programme doit réagir de manière appropriée.

Exception non gérée

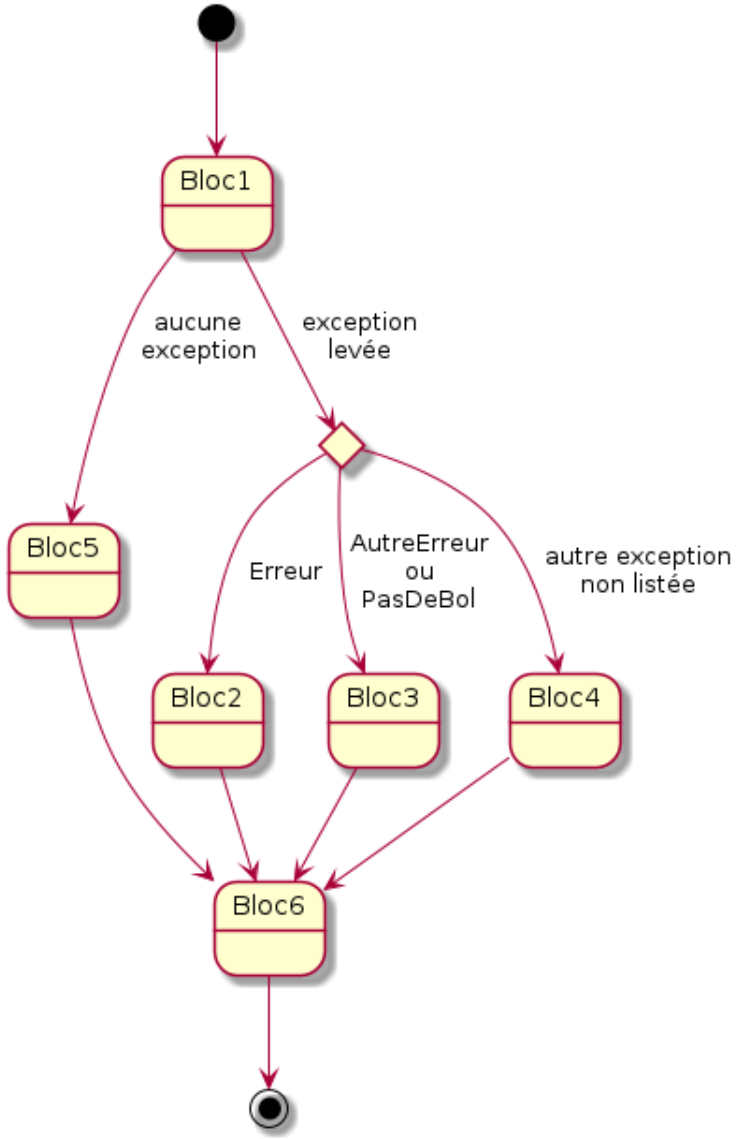
- Jusqu'à présent, les exceptions ont été traitées comme événements terminaux.
- Lorsqu'une exception survient, le programme s'arrête.
- On parle dans ce cas d'**exception non gérée** (*unhandled exception* 🇬🇧).

Gestion des exceptions

- Lorsqu'une exception est **levée** (*raised* 🇬🇧), il est possible de la **gérer**.
- Cela signifie : exécuter du code spécifique au lieu de terminer le programme.
- On dit que l'on **attrape** (*catch* 🇬🇧) l'exception pour la traiter.

Syntaxe

```
try:
    # Bloc1 (bloc de code n°1)
except Erreur:
    # Bloc2
except (AutreErreur, PasDeBol):
    # Bloc3
except:
    # Bloc4
else:
    # Bloc5
finally:
    # Bloc6
```



Retour sur la division

```
def divise(a, b):
    return a / b

try:
    resultat = divise(15, 0)
except ZeroDivisionError:
    print("Error: division par zéro")
else:
    print(f"Le résultat est {resultat}")
```

Arrêt du flot de contrôle

```
def divise(a, b):
    return a / b

try:
    resultat = divise(15, 0)
    print(f"Le résultat est {resultat}")
except ZeroDivisionError:
    print("Error: division par zéro")
```

Attraper les toutes 

```
def divise(a, b):
    return a / b

try:
    resultat = divise(15, 0)
    print(f"Le résultat est {resultat}")
except:
    print("Error: division par zéro")
```

Finalement (1/2)

```
def divise(a, b):
    return a / b

try:
    resultat = divise(15, 0)
except ZeroDivisionError:
    print("Error: division par zéro")
else:
    print(f"Le résultat est {resultat}")
finally:
    print("On passe ici")
```

```
Error: division par zéro
On passe ici
```

Finalement (2/2)

```
def divise(a, b):
    return a / b

try:
    resultat = divise(15, 1)
except ZeroDivisionError:
    print("Error: division par zéro")
else:
    print(f"Le résultat est {resultat}")
finally:
    print("On passe ici")
```

```
Le résultat est 15
On passe ici
```

Gestion d'exceptions et classes d'exception

Levée d'exception

- Il est possible de **lever explicitement** des exceptions.
- Cela permet de stopper le flot de contrôle pour rentrer dans un mode de gestion d'erreur.
- La pile d'appels de fonction est déroulée (*unwind* 🇬🇧) jusqu'à trouver un `except` adapté.

Retour sur le niveau de gris

```
def niveau_gris(rouge, vert, bleu):
    """Renvoie un niveau de gris à partir d'une couleur RVB.

    rouge, vert et bleu sont des entiers dans [0 ; 255].
    """
    if rouge < 0 or rouge > 255:
        raise ValueError("Rouge en dehors de [0 ; 255]")
    if vert < 0 or vert > 255:
        raise ValueError("Vert en dehors de [0 ; 255]")
    if bleu < 0 or bleu > 255:
        raise ValueError("Bleu en dehors de [0 ; 255]")

    return (rouge + vert + bleu) // 3

try:
    gris = niveau_gris(255, -1, 0)
    print(gris)
except ValueError as erreur:
    print(erreur)
```

Déroulement de pile d'appels - stack unwinding 🇬🇧 (1/2)

```
def f():
    print("Entrée dans f")
    raise ValueError("peu importe...")
    print("Sortie de f")

def g():
    print("Entrée dans g")
    f()
    print("Sortie de g")

def h():
    print("Entrée dans h")
    g()
    print("Sortie de h")
```

Déroulement de pile d'appels - stack unwinding 🇬🇧 (2/2)

```
try:
    h()
except ValueError:
    print("Fin")
```

```
Entrée dans h
Entrée dans g
Entrée dans f
Fin
```

Retourner une valeur depuis un `try`

```
def lire_valeur(cast, message, erreur):
    valeur = input(f"{message} : ")
    try:
        return cast(valeur)
    except ValueError:
        print(f"{valeur} : {erreur}")

valeur = lire_valeur(int, "Entrer un entier", "n'est pas un entier")
print(valeur)
```

⬇️ si on entre `"chocolat"`

```
chocolat : n'est pas un entier
None
```

Chaîner les exceptions

```
def divise(a, b):
    try:
        return a / b
    except ZeroDivisionError as erreur:
        raise ValueError("Dénominateur nul") from erreur

divise(15, 0)
```

```
ZeroDivisionError: division by zero
The above exception was the direct cause of the following exception:
ValueError: Dénominateur nul
```

Définir vos propres exceptions (1/3)

```
class RougeErreur(Exception):
    pass

class VertErreur(Exception):
    pass

class BleuErreur(Exception):
    pass
```

Définir vos propres exceptions (2/3)

```
def niveau_gris(rouge, vert, bleu):
    """Renvoie un niveau de gris à partir d'une couleur RVB.

    rouge, vert et bleu sont des entiers dans [0 ; 255].
    """
    if rouge < 0 or rouge > 255:
        raise RougeErreur("Rouge en dehors de [0 ; 255]")
    if vert < 0 or vert > 255:
        raise VertErreur("Vert en dehors de [0 ; 255]")
    if bleu < 0 or bleu > 255:
        raise BleuErreur("Bleu en dehors de [0 ; 255]")

    return (rouge + vert + bleu) // 3
```

Définir vos propres exceptions (3/3)

```
try:
    gris = niveau_gris(255, -1, 0)
except RougeErreur as e:
    print(f"Ecarlate : {e}")
except VertErreur as e:
    print(f"Trop vert : {e}")
except BleuErreur as e:
    print(f"Schtroumpf : {e}")
```

```
Trop vert : Vert en dehors de [0 ; 255]
```

Invariants

Préconditions et post-conditions

Contrat d'une fonction

- Une fonction a un **contrat**.
- Ce contrat est un ensemble de :
  - **préconditions** : contraintes sur les valeurs d'entrée.
  - **invariants** : garantie sur les valeurs d'entrée.
  - **post-conditions** : contraintes sur les valeurs de sortie.

Contrat de la fonction `racine_carree`

- **Préconditions** :
  - La variable `x` est un nombre flottant positif ou nul.
  - La variable `epsilon` est un nombre flottant strictement positif.
- **Invariants** : `x` et `epsilon` sont inchangés.
- **Post-conditions** : la valeur retournée est proche de la racine carrée de `x`, à plus ou moins `epsilon`.

Attention à la sur-spécification

- On pourrait également préciser que `x` et `epsilon` doivent être différents de NAN (Not A Number) et de l'infinie.
- On pourrait également préciser que `x` et `epsilon` peuvent également être des entiers.
- Certaines choses sont implicites et n'ont pas besoin d'être spécifiées.
- C'est l'expérience qui dicte ce qui est explicite et implicite.
- Il vaut mieux commencer par être trop explicite et réduire progressivement.

Programmation offensive et défensive

Vérification des préconditions

- Il existe 2 approches :
  - Programmation **offensive** : les préconditions sont décrites en commentaires mais non vérifiées.
    - Avantages : performance et simplificité.
    - Inconvénients : robustesse.
  - Programmation **défensive** : les préconditions sont vérifiées et on renvoie une erreur si nécessaire.
    - Avantages : robustesse.
    - Inconvénients : lenteur et complexité.

Division offensive

```
def divise(a, b):
    """Divise a par b.

    a - nombre flottant.
    b - nombre flottant non nul.
    Retourne la division a / b.
    """
    return a / b
```

Division défensive

```
def divise(a, b, epsilon=0.000001):
    """Divise a par b.

    a - nombre flottant.
    b - nombre flottant non nul.
    epsilon - valeur autour de laquelle b est considérée nulle.
    Retourne la division a / b.
    """
    if abs(b) < epsilon:
        raise ValueError("b est trop proche de 0")

    return a / b
```

Division défensive extrême

```
def divise(a, b, epsilon=0.000001):
    """Divise a par b.

    a - nombre flottant.
    b - nombre flottant non nul.
    epsilon - valeur autour de laquelle b est considérée nulle.
    Retourne la division a / b si a et b sont corrects.
    """
    if type(a) != float and type(a) != int:
        raise TypeError("a n'est ni int, ni float")
    if type(b) != float and type(b) != int:
        raise TypeError("b n'est ni int, ni float")
    if abs(b) < epsilon:
        raise ValueError("b est trop proche de 0")

    return a / b
```

Approche pragmatique

- Souvent, en Python, on privilégie l'**approche offensive** avec une bonne documentation.
- Dans d'autres langages de programmation, ou certains contextes industriels, d'autres approches peuvent être favorisées.
- Il faut **se renseigner** sur les bonnes pratiques dans votre environnement, et suivre ces bonnes pratiques.

Assertions

Assert

- Une **assertion** permet de confirmer que l'état d'un calcul est celui attendu.
- On utilise pour cela le mot clé `assert` .
- Une expression Booléenne est attendue.
- Si cette expression vaut `True` , le programme continue son exécution.
- Dans le cas contraire, une exception `AssertionError` est levée.

Exemple

```
assert 3 % 2 == 0
print("3 est divisible par 2")
```

```
AssertionError
```

Exemple

```
assert 3 % 2 == 0, "Si 3 était divisible par 2, on le saurait"
print("3 est divisible par 2")
```

```
AssertionError: Si 3 était divisible par 2, on le saurait
```

Exemple

```
assert 3 % 2 == 1
print("Le reste de la division de 3 par 2 est 1")
```

```
Le reste de la division de 3 par 2 est 1
```

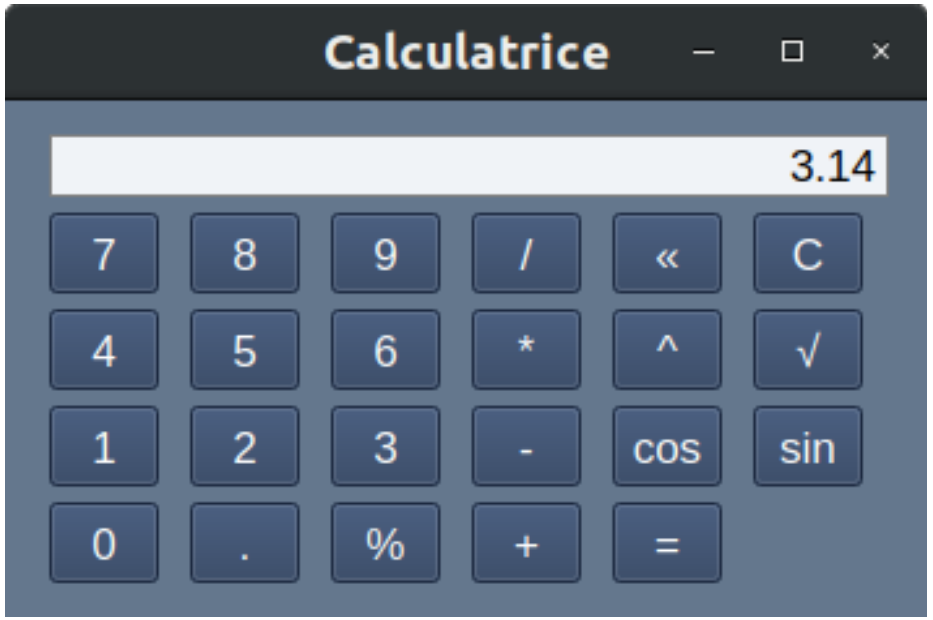
Intérêts

- Les assertions peuvent être utilisées dans la **programmation défensive**.
- Elles peuvent également être utilisées dans le cadre de **tests unitaires**.

TP : Exceptions dans une calculatrice

TP : Exceptions dans une calculatrice

Lien vers le sujet de TP.



Tests en boîte opaque

Introduction

- **Albert Einstein** : "Aucune expérience ne peut jamais prouver que j'ai raison ; une seule expérience peut prouver que j'ai tort."
- **Edsger Dijkstra** : "Le test de programmes peut montrer la présence de bugs, mais ne peut jamais montrer leur absence."
- Les tests constituent un **filet de sécurité**.
- Les bugs peuvent malgré tout passer à travers les mailles du filet.

Combinatoire

- Même le programme le plus simple a une **forte combinatoire**.
- Par exemple, si on doit écrire la fonction `min`, on a 2 entiers en entrée.
- On ne peut pas tester chaque combinaison de paires d'entiers.
- Cela représenterait $2^{64} \times 2^{64} = 2^{128} \approx 3.4 \cdot 10^{38}$ opérations environ.

Stratégie de test

- Au mieux, on peut **tester quelques combinaisons** qui ont de fortes chances de produire une réponse fausse s'il y a un bug dans le programme.
- Cette collection d'entrées à tester s'appelle une **suite de tests**.

Partitionnement

- On va partitionner l'espace de valeurs en sous-ensembles qui doivent produire des résultats similaires.

	a < 0	**a == 0**	**a > 0**
b < 0	3 tests (a < b, a == b, a > b)	Test 6	Test 9
b == 0	Test 4	Test 7	Test 10
b > 0	Test 5	Test 8	3 tests

a < 0 **a == 0** **a > 0**

Contre-exemple

```
def min(a, b):
    """Renvoie le minimum entre a et b.

    a - entier.
    b - entier.
    Renvoie a s'il est plus petit que b et b sinon.
    """
    if b == 424242: # bug ou backdoor
        return a
    return a if a < b else b
```

Familles de stratégies

- **Boîte opaque** : tests effectués par des personnes ne connaissant pas l'implémentation du programme.
- **Boîte transparente** : tests effectués par les implémenteurs du programme.

Equipe Qualité

- De nombreuses entreprises ont une **équipe Qualité** séparée de l'équipe de développement du logiciel.
- Cette équipe est **indépendante** de l'équipe de développement.
- L'objectif de cette équipe est de **trouver un maximum de bugs** avant que le logiciel arrive en production chez des clients.

Vérification par des tiers

- Il est même possible de faire appel à des **entreprises tierces**.
- Ces entreprises indépendantes vont faire un **audit**.
- C'est notamment le cas dans le domaine de la cybersécurité.

Intérêt (1/2)

- Les développeurs peuvent **mal comprendre** les spécifications.
- Les développeurs peuvent **reproduire un bug** dans leurs tests.
- Dans ce cas, le test réalisé par le développeur innocente son code de manière injustifiée.

Intérêt (2/2)

- **Biais psychologique** :
  - Un développeur a intérêt à dire que son programme fonctionne dans tous les cas.
  - Un testeur a intérêt à montrer qu'il trouve des bugs dans le code du développeur.
- **Concurrence bénéfique** : cette concurrence entre développeur et testeur créé une émulation et booste les projets.

Processus

- Le testeur repart des **spécifications**.
- Le testeur établi les conditions d'usage classiques (fil rouge).
- Le testeur détermine les **conditions limites**.
- Le testeur créé un **plan de tests** qui comporte une suite de tests.
- Le testeur **exécute** régulièrement ce plan de tests.

Tests en boîte transparente

Bugs cachés dans le code

- Certains bugs sont cachés dans le code.
- Pour le trouver, il faut regarder le code.
- Avec la connaissance de ce code, on sait que l'on doit tester la valeur 424242 :

```
def min(a, b):
    if b == 424242:
        return a
    return a if a < b else b
```

Chemins d'exécution

- On cherche à emprunter chaque **chemin d'exécution** possible.
- On souhaite passer dans chaque branche de chaque condition.
- On souhaite rentrer dans chaque exception.
- On souhaite rentrer dans chaque boucle.

Cas des boucles `for`

- Il faut tester les cas où :
  - on ne rentre pas dans la boucle.
  - le corps de la boucle est exécuté une fois.
  - le corps de la boucle est exécuté plus d'une fois.
- Il faut passer dans tous les `break`, `continue`, `return`, `yield`, etc.

Cas des boucles `while`

- Il faut tester les mêmes cas qu'une boucle `for` .
- Par ailleurs, il faut exercer toutes les conditions de fin de boucle.
- Dans cet exemple, les 3 conditions de fin doivent être testées indépendemment.

```
while len(L) > 0 and (L[i] == "ok" or est_vrai):
    # [...]
```

Cas des fonctions récursives

- Il faut tester les cas où :
  - il n'y a pas d'appel récursif.
  - il y a exactement un appel récursif.
  - il y a plus qu'un appel récursif.

Couverture de code

- La couverture de code est le pourcentage de lignes de code couvertes par les tests sur le nombre de lignes de code totales du programme.
- C'est un **indicateur** de la qualité logicielle.
- Une couverture supérieure à 80% est souhaitable.
- Une couverture à 100% est difficile et souvent trop coûteuse.

Automatisation des tests

Automatiser

- Le travail d'un informaticien est d'**automatiser** des tâches.
- Il est possible d'**automatiser les tests**.
- On écrit des programmes qui testent d'autres programmes.
- On les appelle des **programmes de tests**.

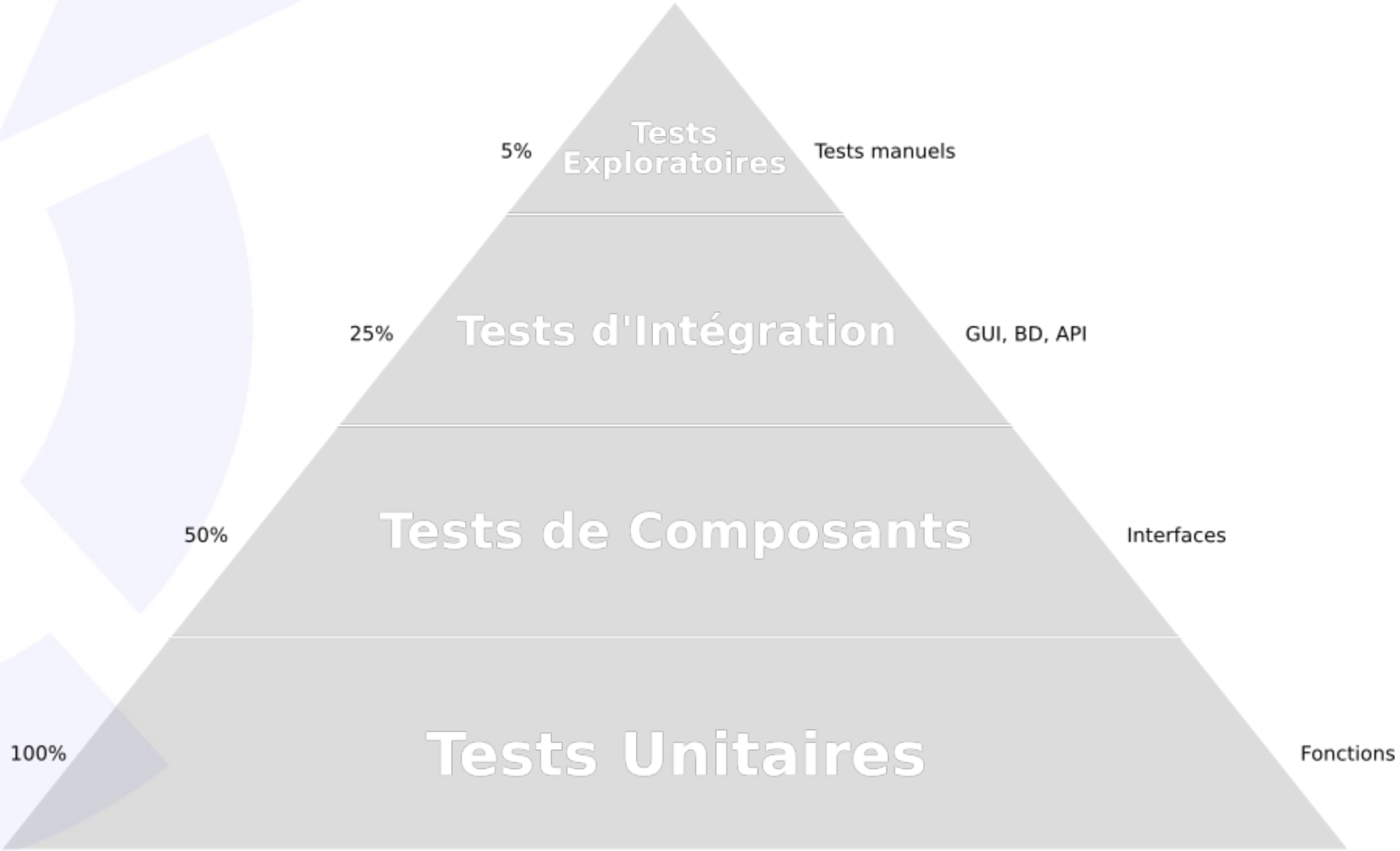
Intérêt

- **Gagner du temps** en évitant de tester manuellement.
- **Eviter des régressions** pendant des phases de maintenance.
- Rejouer les tests dans **différents environnements** (ex : machine plus lente).
- Calculer des **indicateurs** automatiquement (ex : couverture de code).

Fonctionnement

- L'environnement d'exécution se lance (via potentiellement de la virtualisation).
- Le programmes de test sont invoqués avec un jeu de données prédéfinies et/ou générées aléatoirement.
- Le résultat des invocations est sauvegardé.
- L'acceptabilité des résultats est vérifié.
- Un rapport de test est généré.

Pyramide de tests



Tests unitaires

Tests unitaires

- Les tests unitaires sont **à la base** de la pyramide de tests.
- Ils sont également à la base de la stratégie d'automatisation des tests.

Concept

- 1 test unitaire teste **1 fonction** et 1 seule.
- 1 fonction est couverte par **plusieurs tests unitaires**.

Effets de bord et composants externes

- Un test unitaire est **indépendant**.
- Un test unitaire est **pur** :
  - Il ne dépend pas de variable globale.
  - Il n'utilise pas le réseau.
  - Il n'utilise pas la base de données.
  - Il n'utilise pas de composant tier.

AAA

- Un test unitaire suit les 3 étapes suivantes :
  - **Arrange** : initialise le test.
  - **Agit** (*act* 🇬🇧) : appelle la fonction à tester.
  - **Affirme** (*assert* 🇬🇧) : vérifie le résultat de la fonction.

Exemple : tests unitaires pour la racine carrée (1/6)

```
def racine_carree(x, epsilon=0.000001):
    """Renvoie la racine carrée de x à epsilon près."""
    if x < 0:
        raise ValueError("x est négatif")

    s = x / 2
    while abs(s ** 2 - x) >= epsilon:
        P = s ** 2 - x
        P_prime = 2 * s
        s = s - P / P_prime

    return s
```

Exemple : tests unitaires pour la racine carrée (2/6)

```
def test_racine_carree_25():
    # Arrange
    x = 25
    epsilon = 0.00001
    attendu = 5

    # Agit
    resultat = racine_carree(x, epsilon)

    # Affirme
    assert abs(resultat - attendu) <= epsilon
```

Exemple : tests unitaires pour la racine carrée (3/6)

```
def test_racine_carree_25_grand_epsilon():
    # Arrange
    x = 25
    epsilon = 0.1
    attendu = 5

    # Agit
    resultat = racine_carree(x, epsilon)

    # Affirme
    assert abs(resultat - attendu) <= epsilon
```

Exemple : tests unitaires pour la racine carrée (4/6)

```
def test_racine_carree_0():
    # Arrange
    x = 0
    epsilon = 0.00001
    attendu = 0

    # Agit
    resultat = racine_carree(x, epsilon)

    # Affirme
    assert abs(resultat - attendu) <= epsilon
```

Exemple : tests unitaires pour la racine carrée (5/6)

```
def test_racine_carree_1():
    # Arrange
    x = 1
    epsilon = 0.00001
    attendu = 1

    # Agit
    resultat = racine_carree(x, epsilon)

    # Affirme
    assert abs(resultat - attendu) <= epsilon
```

Exemple : tests unitaires pour la racine carrée (6/6)

```
def test_racine_carree_negatif():
    # Arrange
    x = -1
    exception_attrappee = False

    # Agit
    try:
        racine_carree(x)
    except:
        exception_attrappee = True

    # Affirme
    assert exception_attrappee
```

Notes pratiques

- Pensez bien à écrire des tests unitaires **lors de l'examen**.
- Si vous n'avez plus le temps, écrivez au moins sur votre copie que des tests unitaires devraient être ajoutés.

Tests pilotant le développement

Test Driven Development 🇬🇧

TDD

- Le développement piloté par les tests (ou TDD pour Test-Driven Development) est une **méthodologie**.
- Cette méthodologie vise à **garantir** que tout le code est **couvert par des tests**.

Principe

- Ecrire la déclaration de la fonction.
- Ecrire un test unitaire.
- Exécuter le test unitaire et vérifier qu'il échoue.
- Ecrire le minimum de code pour que ce test réussisse.
- Ecrire un test unitaire.
- Etc.

Exemple de TDD avec la racine carrée (1/10)

```
def racine_carree(x, epsilon=0.000001):
    """Renvoie la racine carrée de x à epsilon près."""
    pass
```

Exemple de TDD avec la racine carrée (2/10)

```
def test_racine_carree_25():
    # Arrange
    x = 25
    epsilon = 0.00001
    attendu = 5

    # Agit
    resultat = racine_carree(x, epsilon)

    # Affirme
    assert abs(resultat - attendu) <= epsilon
```

Exemple de TDD avec la racine carrée (3/10)

```
def racine_carree(x, epsilon=0.000001):
    """Renvoie la racine carrée de x à epsilon près."""
    return 5
```

Exemple de TDD avec la racine carrée (4/10)

```
def test_racine_carree_25_grand_epsilon():
    # Arrange
    x = 25
    epsilon = 0.1
    attendu = 5

    # Agit
    resultat = racine_carree(x, epsilon)

    # Affirme
    assert abs(resultat - attendu) <= epsilon
```

Exemple de TDD avec la racine carrée (5/10)

```
def test_racine_carree_0():
    # Arrange
    x = 0
    epsilon = 0.00001
    attendu = 0

    # Agit
    resultat = racine_carree(x, epsilon)

    # Affirme
    assert abs(resultat - attendu) <= epsilon
```

Exemple de TDD avec la racine carrée (6/10)

```
def racine_carree(x, epsilon=0.000001):
    """Renvoie la racine carrée de x à epsilon près."""
    return 5 if x == 25 else 0
```

Exemple de TDD avec la racine carrée (7/10)

```
def test_racine_carree_1():
    # Arrange
    x = 1
    epsilon = 0.00001
    attendu = 1

    # Agit
    resultat = racine_carree(x, epsilon)

    # Affirme
    assert abs(resultat - attendu) <= epsilon
```

Exemple de TDD avec la racine carrée (8/10)

```
def racine_carree(x, epsilon=0.000001):
    """Renvoie la racine carrée de x à epsilon près."""
    if x == 25:
        return 5
    elif x == 0:
        return 0
    elif x == 1:
        return 1
```

Exemple de TDD avec la racine carrée (9/10)

```
def test_racine_carree_negatif():
    # Arrange
    x = -1
    exception_attrappee = False

    # Agit
    try:
        racine_carree(x)
    except:
        exception_attrappee = True

    # Affirme
    assert exception_attrappee
```

Exemple de TDD avec la racine carrée (10/10)

```
def racine_carree(x, epsilon=0.000001):
    """Renvoie la racine carrée de x à epsilon près."""
    if x < 0:
        raise ValueError("x est négatif")
    elif x == 25:
        return 5
    elif x == 0:
        return 0
    elif x == 1:
        return 1
```

TP : Ecriture de tests unitaires

TP : Ecriture de tests unitaires

Lien vers le sujet de TP.

Devoir à la Maison 04

DM : Retour sur la complexité et les tests

Lien vers le sujet de DM.