Université de Rennes

SEM Metamorphic Testing

FILOCHE Leo, BINDEL Jeremy, DE ZORDO Benjamin

esir

ECOLE SUPERIEURE D'INGENIEURS DE RENNES

Introduction

“Pourquoi avons-nous besoin de tests dans le developpement logiciel ?”

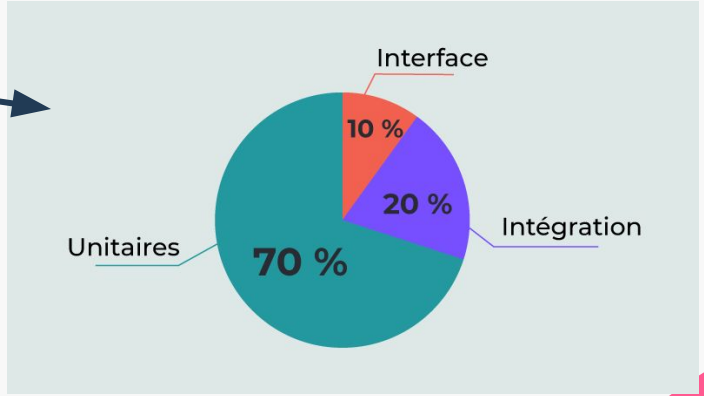
-> garantir la qualite et la fiabilite des systemes d’informations

Des methodes traditionnelles

... creation d'un oracle impossible ?

Solution le tests metamorphiques !

utiliser les proprietes du code a tester



Quelle est la portee et le champ d'application du test metamorphique dans l'industrie ?

Plan

01

Tests métamorphiques dans le Deep Learning

Tests métamorphiques dans le Deep Learning (1/2)

Importance du test dans le DL

Les modeles de DL actuels presentent des performances telles que de nombreuses organisations les integrent dans leurs systemes.

Certaines applications du DL se font dans des **systemes critiques.**

Necessite de **garanties** pour eviter/encadrer les comportements inattendus.

Il faut detecter leurs **incoherences**, et evaluer leur **robustesse.**

Limites des méthodes traditionnelles de test

Les tests traditionnels sont bases sur les **specifications** du logiciel.

Le DL ne propose pas de specifications et de structure logique comme les logiciels traditionnels.

L'**espace d'entree** et de sortie est enorme, et il est souvent difficile d'evaluer si la sortie est correcte ou non.

Utilisation du MT comme solution

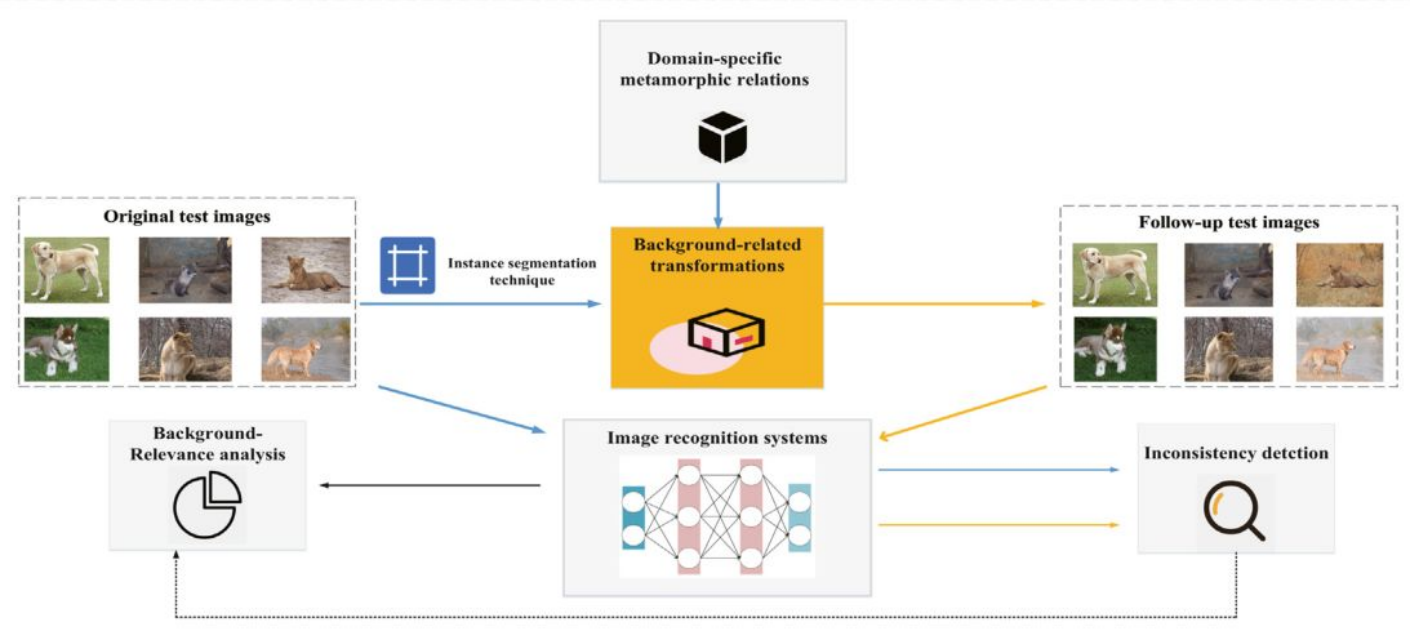
Sur base de **relations metamorphiques**, des **transformations** sont definies.

Le modele effectue une prediction **avec** et **sans** la transformation

Une **comparaison** des resultat des predictions est effectuee.

Tests métamorphiques dans le Deep Learning (2/2)

Une illustration avec DeepBackground



Objectif

Ameliorer la robustesse des modeles de reconnaissance d'images.

Propriete etudiee

L'arriere plan des images.

“ DeepBackground: Metamorphic testing for Deep-Learning-driven image recognition systems accompanied by Background-Relevance” - Zhiyi Zhang, Pu Wang, Hongjing Guo, Ziyuan Wang, Yuqian Zhou, Zhiqiu Huang - 2021.

02

Tests métamorphiques dans la Bio-informatique

Tests métamorphiques dans la Bio-informatique (1/2)

Les logiciels de bio-informatique sont de gros artefacts :

- taille des entrees
- processus d'extraction des donnees complexes

Impossibilite de s'assurer de l'exactitude des sorties, probleme de l'oracle.

$\Rightarrow$ Le test metamorphique a toute sa place.

Tests métamorphiques dans la Bio-informatique (2/2)

GNLab

Given a network G and a node P in G, we add an edge, which is directed to P with zero weight. The new network is referred to as G'. The output of G' should be identical to the output of G.

MRs	Original	GM1	GM2	GM3	GM4	GM5	GM6	GM7	GM8	GM9
MR1(a)										
MR1(b)										
MR2(a)				RYE		RYE	RY	Y		
MR2(b)				RYE	RYE		RYE			
MR2(c)	RYE	RYE	RYE	YE	RYE	YE	RYE	RYE	RYE	RYE
MR3(a)										
MR3(b)										
MR4			RYE						RYE	RYE
MR5(a)				RYE	E	RY	RYE	RYE		
MR5(b)				RYE	E	RY	RYE	RYE		

GNLab and nine of its mutants were tested against three batches of test cases, which are labeled as R (random), Y (yeast) and E (*E. coli*). Each pair of test cases that detects a violation of a MR in a program is labeled by its batch in the respective cell in the table. For example, the label 'RY' in the cell [GM6, MR2(a)] indicates that mutant 6 violates MR2(a) according to the test cases in batch R and batch Y.

An innovative approach for testing bioinformatics programs using metamorphic testing by Tsong Yueh Chen1, Joshua WK Ho*2,3, Huai Liu1 and Xiaoyuan Xie1

03

Tests métamorphiques sécuritaires dans les Systèmes Web

Tests métamorphiques sécuritaires dans les Systèmes Web (1/2)

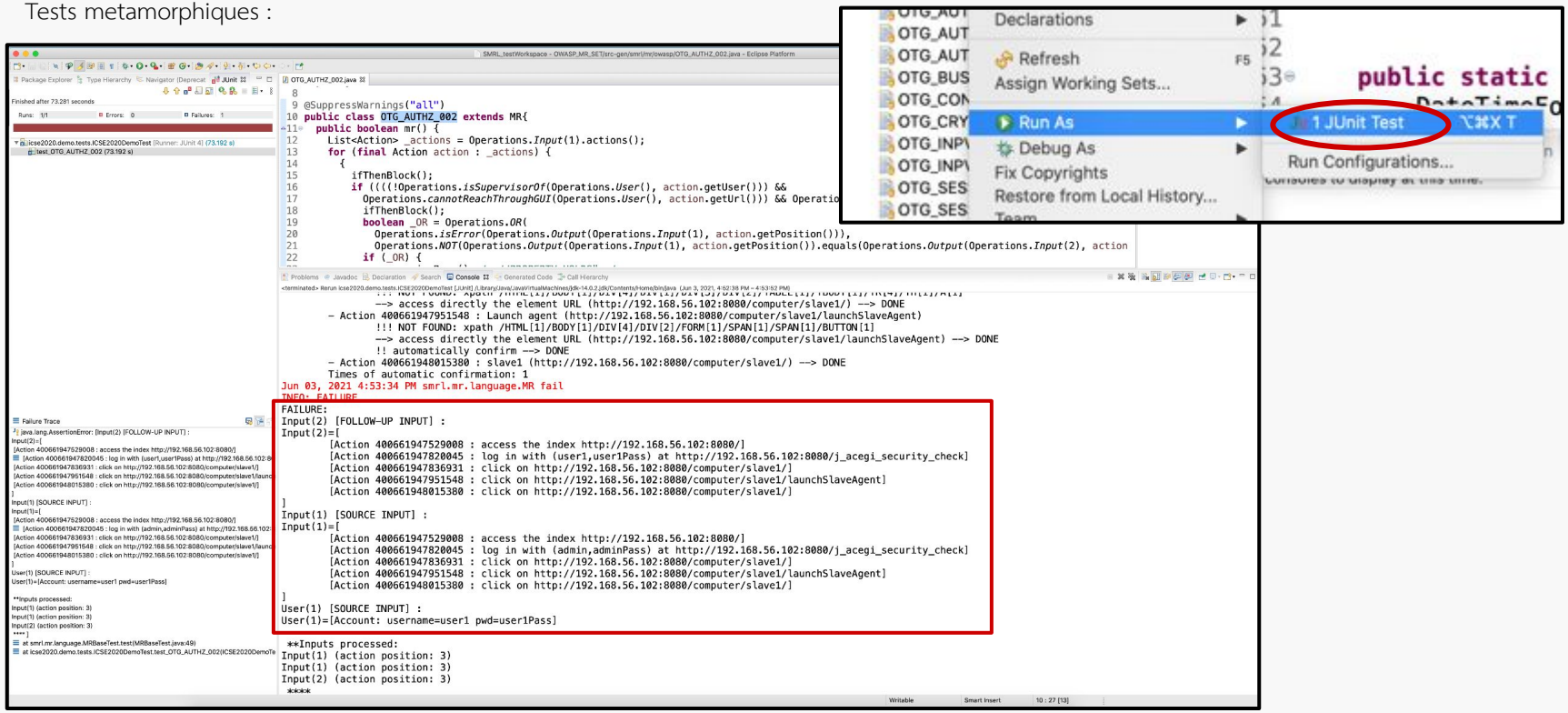
Tests en securite :

- Utilise l'application entiere et pas une seule fonction,
- Necessite des connaissances et un etat d'esprit (que certain developpeur n'ont pas),
- Complexite des scenarios de securite (exploitation de diverses vulnerabilites pour contourner les mesures de protection).

Consequences -> ~~oracles~~

Tests métamorphiques sécuritaires dans les Systèmes Web (2/2)

Tests metamorphiques :



Conclusion

Conclusion sur les tests métamorphiques

Origine : 1998

Substitut au **probleme de l'oracle**

Domaine d'application **riche et varie**

🚨 **Ne remplace pas** les autres strategies mais fait partie du tout 🚨

Articles

ACM Computing Surveys, “Metamorphic Testing: A Review of Challenges and Opportunities”, 2018. #Reference

ELSEVIER, “DeepBackground: Metamorphic testing for Deep-Learning-driven image recognition systems accompanied by Background-Relevance”, 2021. #Forward

BMC (Springer Nature) “An innovative approach for testing bioinformatics programs using metamorphic testing”, 2009. #Backward

IEEE, “Metamorphic Security Testing for Web Systems”, 2020. #Forward

- Github, “SMRL Project”.
- Youtube, “SMRL: A Metamorphic Security Testing Tool for Web Systems”.

Girkard AI, How to test ML Models : Metamorphic Testing.

Exemple* :

Application du MT en tant que développeur avec

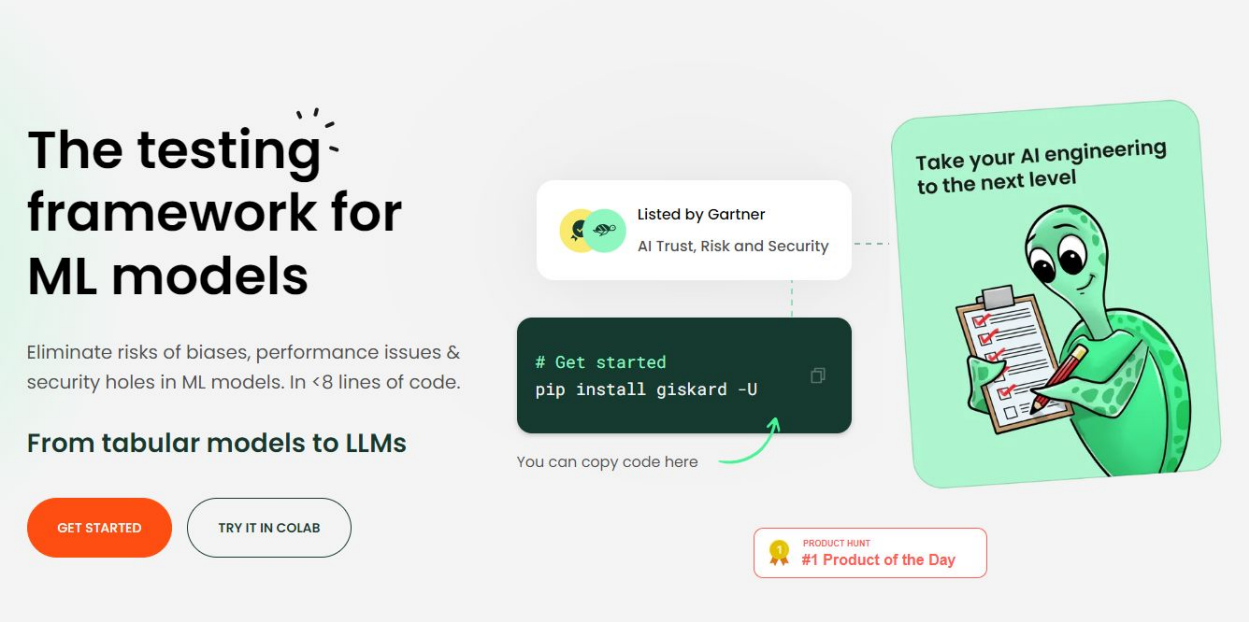
Giskard

* : A ete masque durant la presentation

Exemple : Utilisation du MT avec Giskard

Giskard

Initiative Française et Open Source proposant une librairie de tests pour le ML (Python)



Objectif de limiter les vulnérabilités liées au ML :

- Biais de performance
- Robustesse
- Fairness
- ....

Propose une API simple. Plusieurs méthodes de test sont disponibles, dont les tests métamorphiques

Exemple : Utilisation du MT avec Giskard

Exemple de test d'un modèle supervisé

```
1  from giskard import demo, Model, Dataset, testing, transformation_function
2
3  model, df = demo.titanic()
```

✓ 0.0s

	PassengerId	Pclass	Name	Sex	Age	SibSp	Parch	Fare	Embarked	Survived
123	124	2	Webber, Miss. Susan	female	32.50	0	0	13.0000	S	yes
714	715	2	Greenberg, Mr. Samuel	male	52.00	0	0	13.0000	S	no
412	413	1	Minahan, Miss. Daisy E	female	33.00	1	0	90.0000	Q	yes
81	82	3	Sheerlinck, Mr. Jan Baptist	male	29.00	0	0	9.5000	S	yes
555	556	1	Wright, Mr. George	male	62.00	0	0	26.5500	S	no
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
755	756	2	Hamalainen, Master. Viljo	male	0.67	1	1	14.5000	S	yes
442	443	3	Petterson, Mr. Johan Emil	male	25.00	1	0	7.7750	S	no
471	472	3	Cacic, Mr. Luka	male	38.00	0	0	8.6625	S	no
695	696	2	Chapman, Mr. Charles Henry	male	52.00	0	0	13.5000	S	no
664	665	3	Lindqvist, Mr. Eino William	male	20.00	1	0	7.9250	S	yes

446 rows × 10 columns

```
1  wrapped_model = Model(model=model, model_type="classification")
2
3  wrapped_dataset = Dataset(
4      df=df,
5      target="Survived",
6  )
```

✓ 13.7s

Etape 1 : Chargement du modèle et des données de test

Exemple : Utilisation du MT avec Giskard

Exemple de test d'un modèle supervisé

```python
@transformation_function(name="Increase Age")
def increase_age(row):
    row["Age"] = row["Age"] * 1.2
    return row

@transformation_function(name="Decrease Age")
def decrease_age(row):
    row["Age"] = row["Age"] * 0.8
    return row

@transformation_function(name="Reverse the sex")
def reverse_sex(row):
    row["Sex"] = "male" if row["Sex"] == "female" else "female"
    return row
```

✓ 0.0s

Etape 2 : Ecriture de fonctions de transformation

Exemple : Utilisation du MT avec Giskard

Exemple de test d'un modèle supervisé

```
result = testing.test_metamorphic_invariance(
    model=wrapped_model,
    dataset=wrapped_dataset,
    transformation_function=increase_age
).execute()

result
```

✓ 0.0s

✓ **Test succeeded**

Metric: 0.98

- 354 rows were perturbed

```
result = testing.test_metamorphic_invariance(
    model=wrapped_model,
    dataset=wrapped_dataset,
    transformation_function=decrease_age
).execute()

result
```

✓ 0.0s

✓ **Test succeeded**

Metric: 0.99

- 354 rows were perturbed

Etape 3 : Test de l'invariance du modèle suite aux transformations

```
result = testing.test_metamorphic_invariance(
    model=wrapped_model,
    dataset=wrapped_dataset,
    transformation_function=reverse_sex
).execute()

result
```

✓ 0.0s

× **Test failed**

Metric: 0.22

- 446 rows were perturbed