# Application de la signature à la validation des scenarios monde-réel

Hervé Andrès

24ème Congrès des Actuaires – 17 juin 2025

Milliman

# Le point commun entre la validation des scénarios monde-réel et le badminton ?

Réponse: la signature !

**Définition:** La signature d'une trajectoire $X: [0, T] \to \mathbb{R}^d$ est une représentation vectorielle de $X$ qui permet d'encoder l'information de manière fidèle et parsimonieuse.

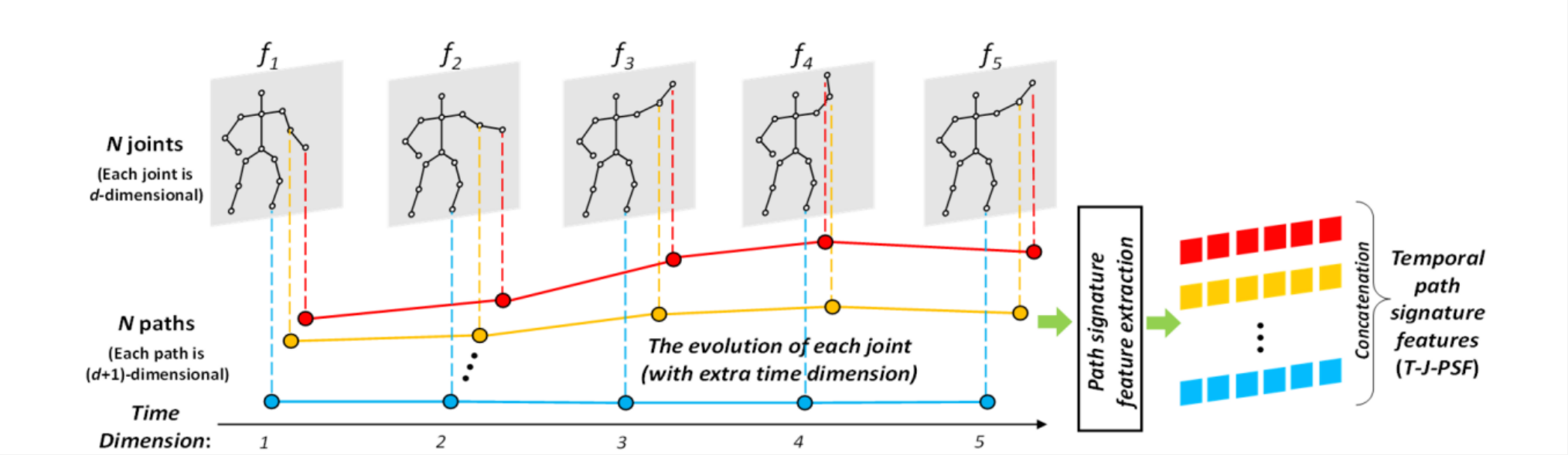



**Figure -** Illustration de l'application de la signature à la reconnaissance de mouvements humains (source: Yang et al., 2022)

# Enjeux de la validation des scénarios économiques monde-réel

- **Scénarios économiques monde-réel:** une **hypothèse clé** pour de nombreuses applications en assurance (Modèle Interne, études ALM, allocation d'actif, etc.)
- Pratique de marché la plus répandue: la validation « point-in-time »:

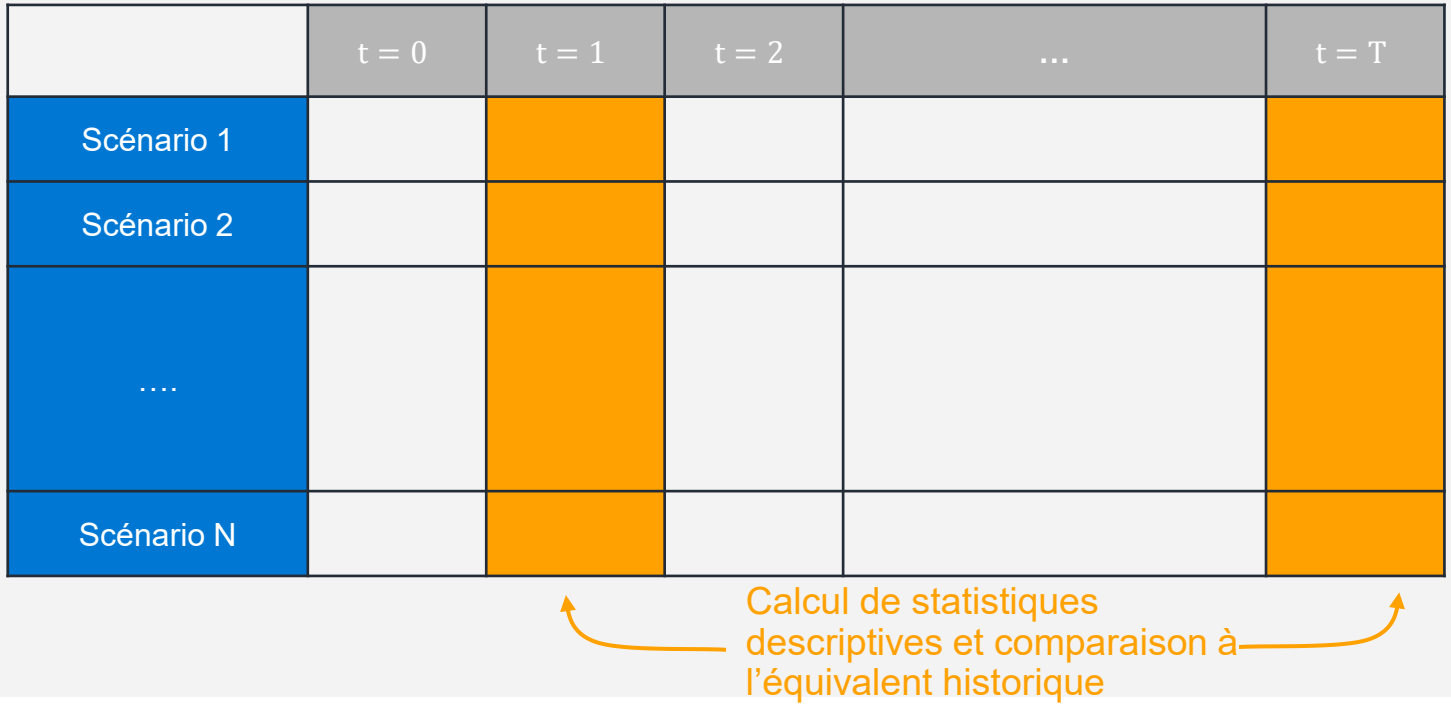



**Figure -** Illustration de la méthode de validation « point-in-time »

# Limite de la validation « point-in-time »

- La méthode de validation « point-in-time » se concentre sur les **distributions marginales** ne permet pas de capturer les **propriétés trajectorielles** des scénarios.
- Exemple de propriété trajectorielle: **le clustering de volatilité**

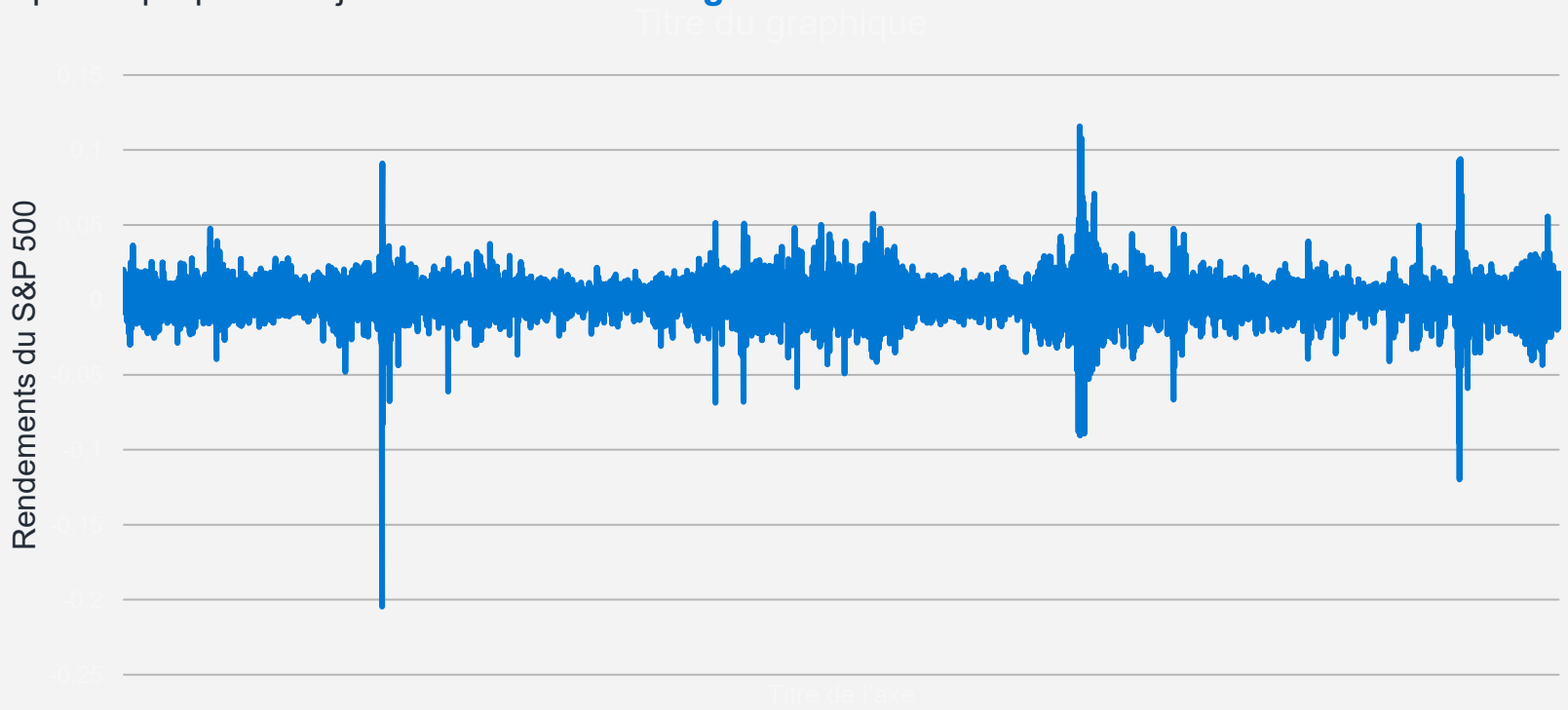


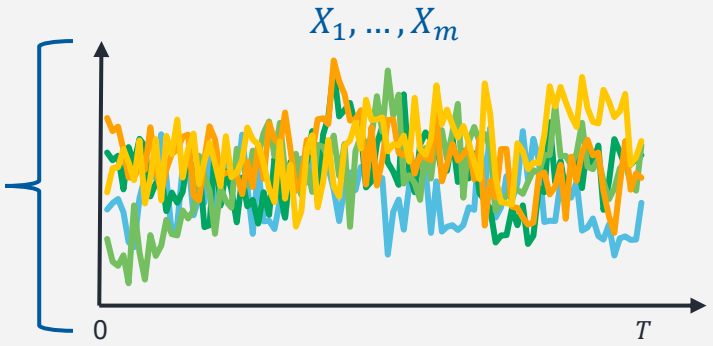

**Figure –** Evolution des rendements du S&P 500 entre 1980 et 2023

# La validation par signature

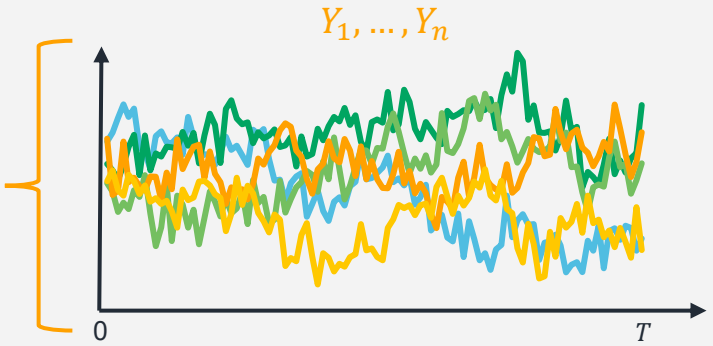
Motivation : capturer les propriétés trajectorielles

**Idée :** on considère les trajectoires historiques et les trajectoires simulées comme des réalisations de deux processus stochastiques et on cherche à évaluer s'il est raisonnable de dire que ces deux processus stochastiques sont les mêmes.

Trajectoires historiques d'un facteur de risque (ex: action, inflation, etc.)



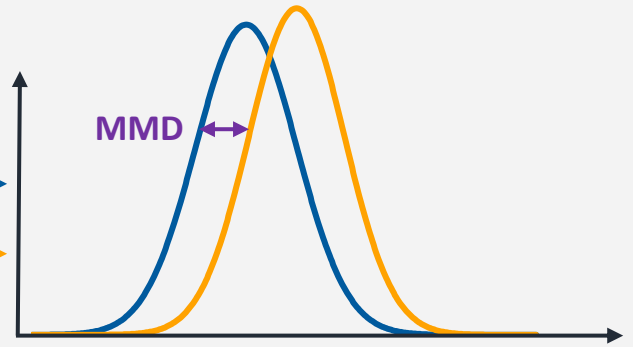

Scénarios économiques monde-réel correspondant




**Calcul de la signature**

**Calcul de la signature**

Calcul d'un indicateur synthétique qui mesure la distance entre la distribution historique et la distribution des scenarios économiques




$MMD \leq Seuil$

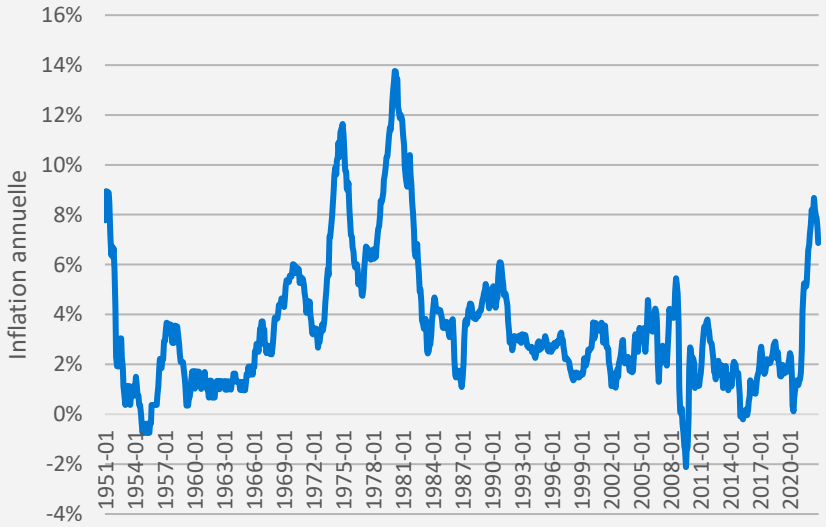
Le test n'est pas rejeté: les scénarios sont raisonnablement proches de l'historique.

$MMD > Seuil$

Le test est rejeté: les scénarios sont trop éloignés de l'historique.

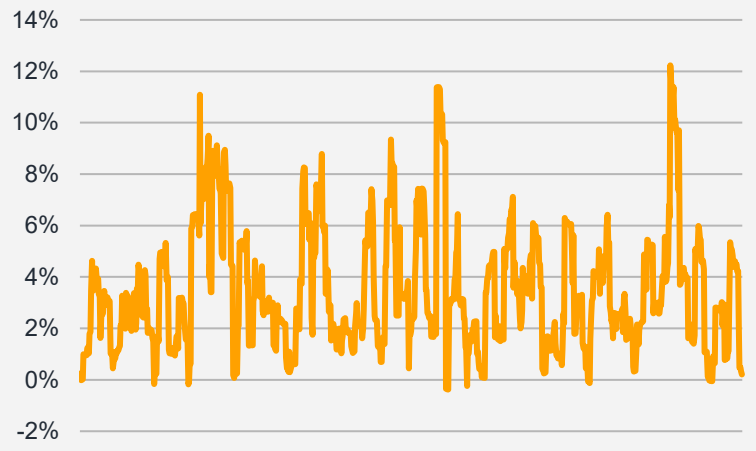
Andrès, H., Boumezoued, A., & Jourdain, B. (2024). Signature-based validation of real-world economic scenarios. *ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA*, *54*(2), 410-440.

# Application à l'inflation



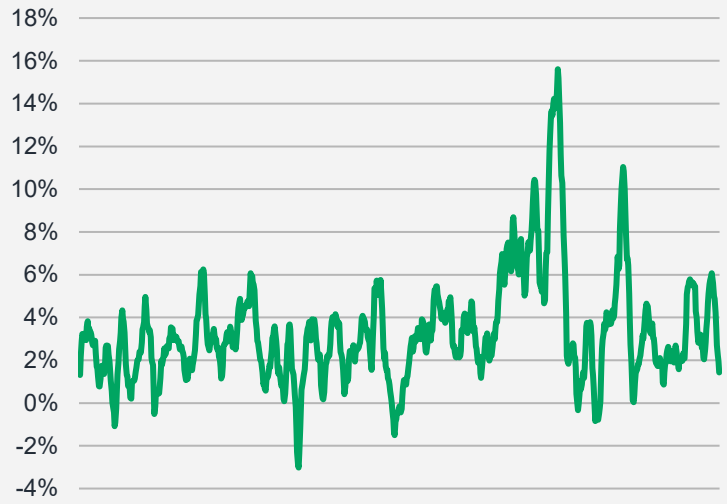

Evolution historique de l'inflation aux US

**Modèle 1: modèle à accroissements indépendants et stationnaires**



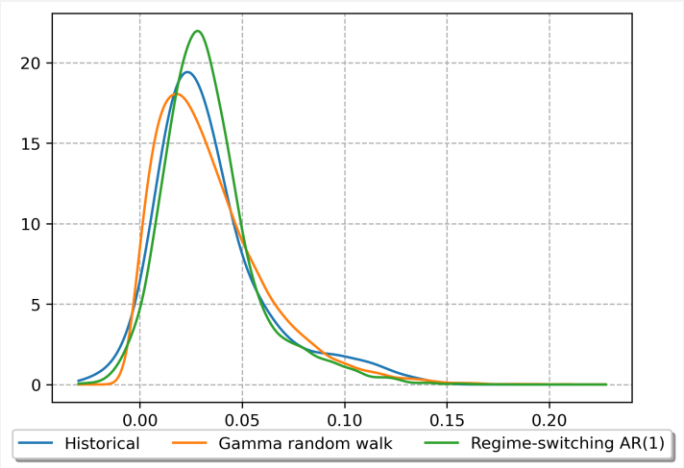

Rejeté !

**Modèle 2: modèle à changement de régime**

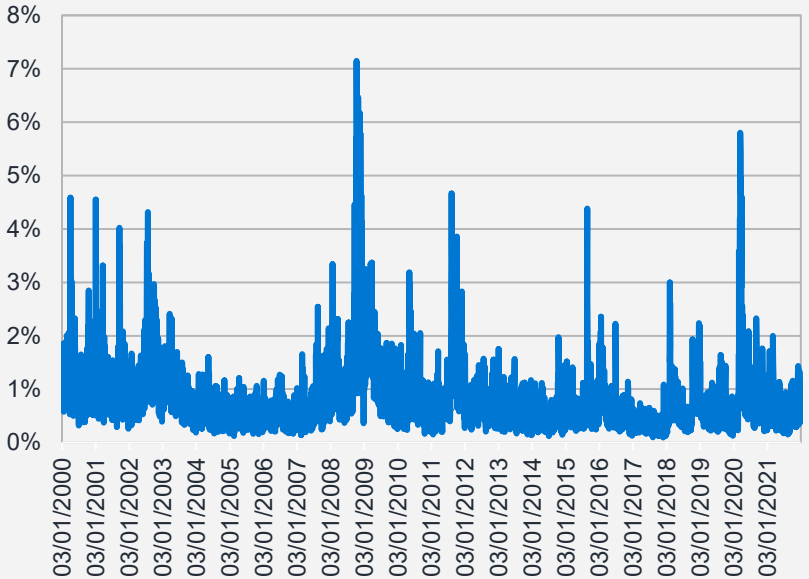



Non rejeté !

Alors que les deux modèles ont une distribution d'inflation annuelle proche !

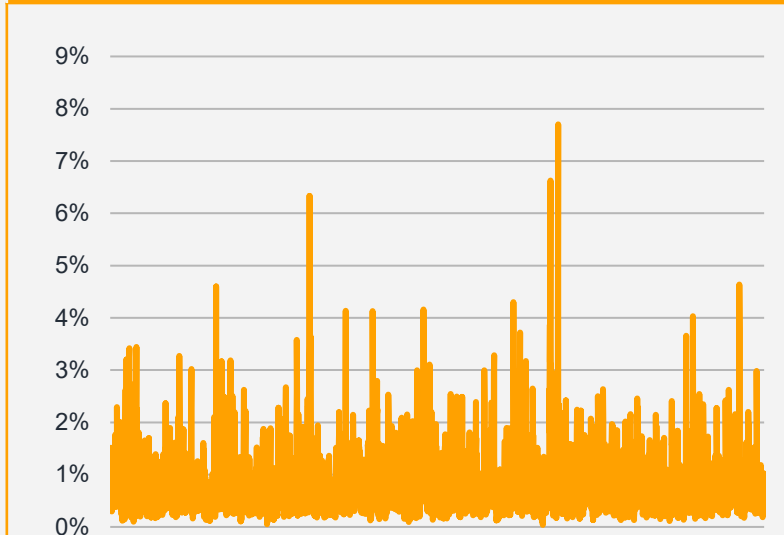


# Application à la volatilité action



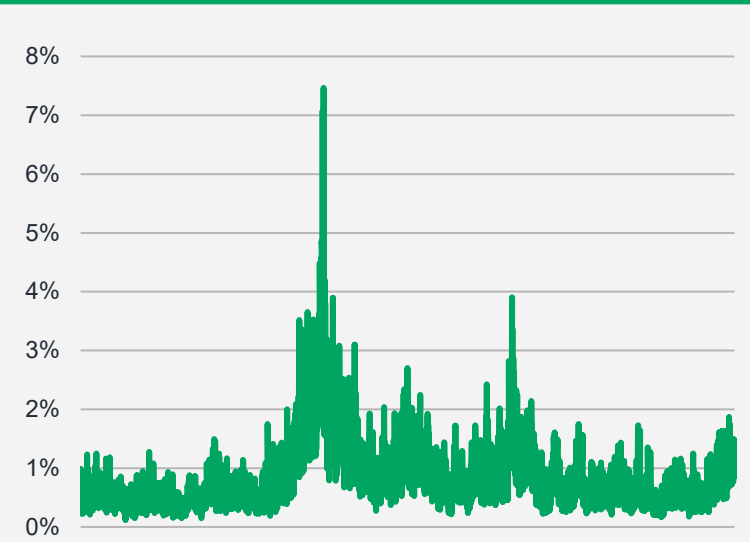

Evolution historique de la volatilité réalisée du S&P 500

**Modèle 1: modèle d'Ornstein-Uhlenbeck**



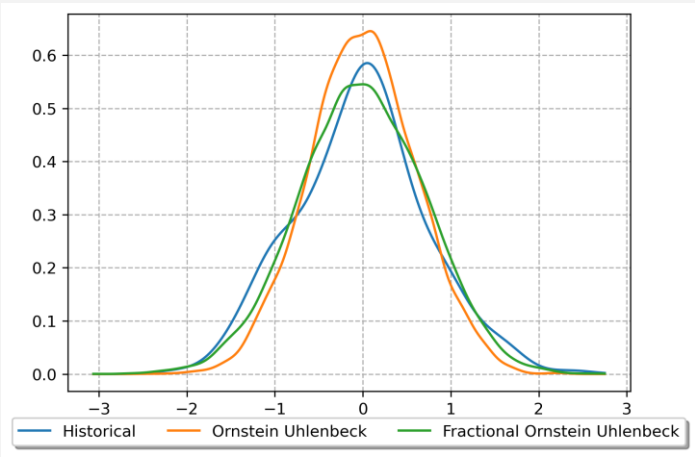

Rejeté !

**Modèle 2: modèle d'Ornstein-Uhlenbeck fractionnaire**




Non rejeté !

Alors que les deux modèles ont une distribution de log-rendements de la volatilité proche !



# Conclusion

- L’approche de validation par signature permet de **capturer des propriétés trajectorielles** qui ne l’étaient pas par la méthode de validation « point-in-time ».
- Cette approche a l’avantage de fournir un critère de **décision quantitatif** facilitant l’**automatisation** du processus de validation.
- L’application du test statistique ne demande que **quelques secondes** de temps de calcul.