

Une extension des modèles graphiques de durée pour estimer l'évolution des coûts de maintenance dans le logement résidentiel

Julien Blanchard

Philippe Leray

Florianne Marandel

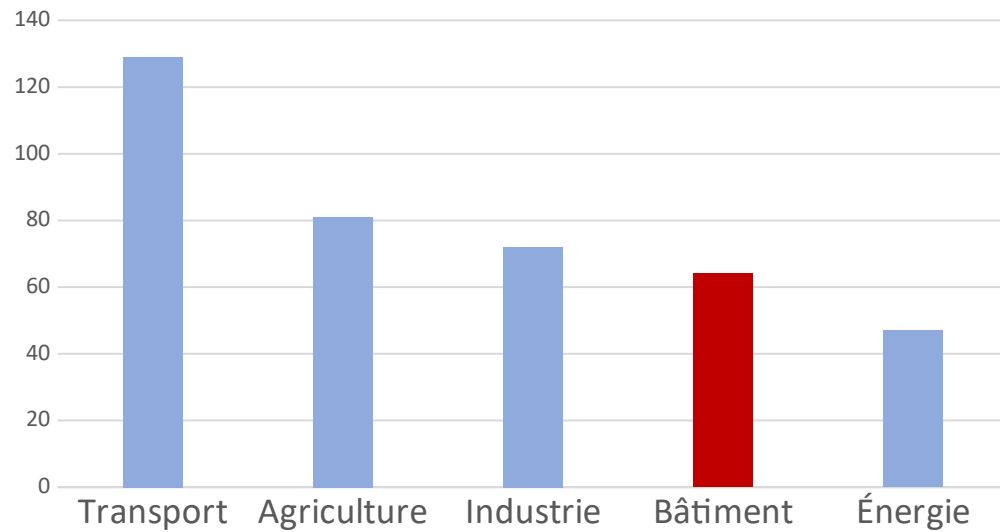
Thomas Piton

Maxime Gicquiaud



Lutte contre le changement climatique : **objectif neutralité carbone en 2050 dans l'UE**

- Le bâtiment est le 4^e secteur le plus émetteur de gaz à effet de serre



Emissions annuelles de gaz à effet de serre en 2022 en France (en millions de tonnes équivalent CO₂)

Source : Secrétariat général à la planification écologique

- Principale solution : la rénovation énergétique des bâtiments

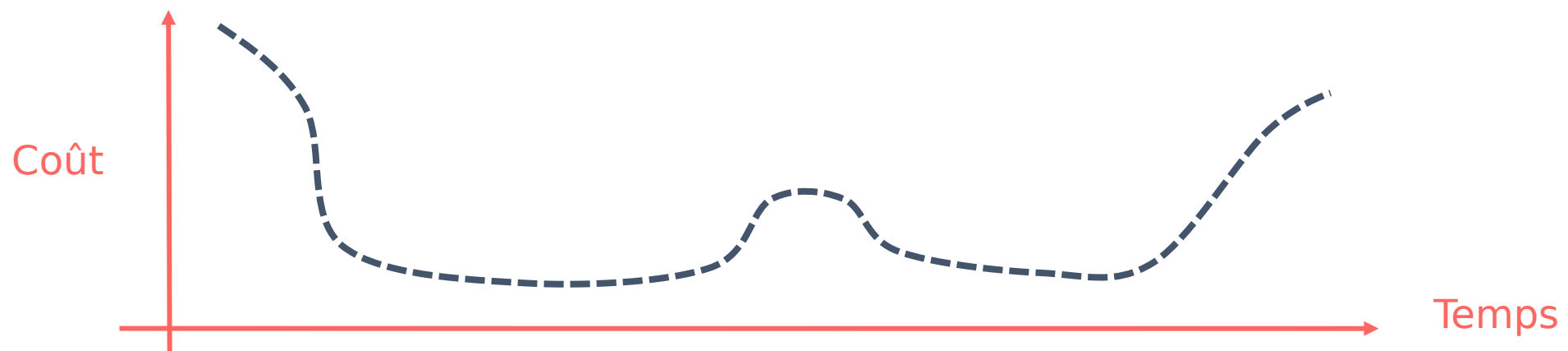


Comment choisir une stratégie de rénovation ?

- Systèmes d'aide à la décision pour choisir un plan de rénovation optimal
[Juan, Gao et Wang 2010] [Chantrelle et al. 2011]
- Estimation du temps avant la première rénovation
[Cho et Yoon 2016] [Farahani, Wallbaum et Dalenbäck 2019] [Kwon et al. 2021]

Notre approche :

prévoir l'évolution des coûts d'entretien et d'énergie
du bâtiment sur son cycle de vie



Notre proposition :

modéliser le vieillissement du bâtiment et sa maintenance à l'aide d'un Modèle Graphique de Durée

Nos contributions :

- extension des Modèles Graphiques de Durée
- modélisation d'un logement résidentiel
- expérimentation avec les experts d'EP

Plan de la présentation :

1\ Introduction

2\ Modèle Graphique de Durée

3\ MGD sur les transitions

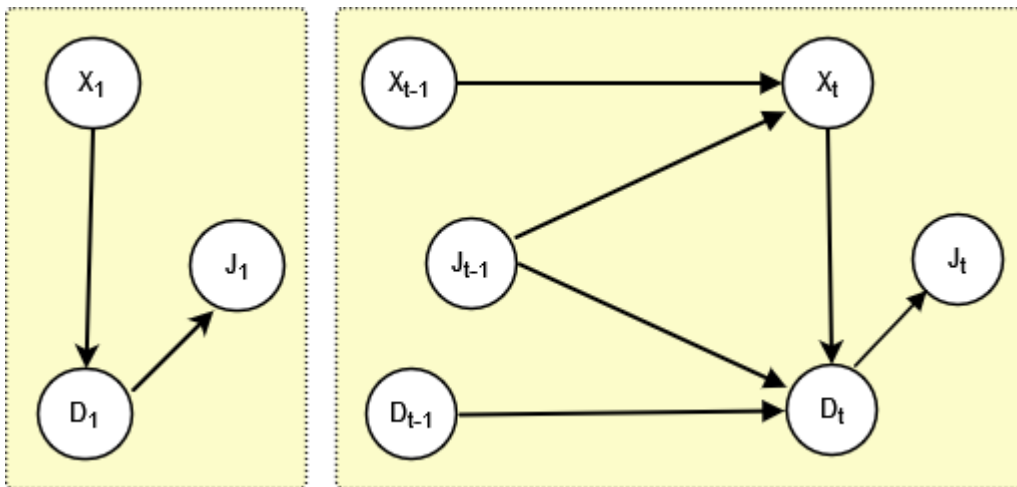
4\ Modélisation d'une maison

5\ Application

6\ Conclusion

Modèles Graphiques de Durée

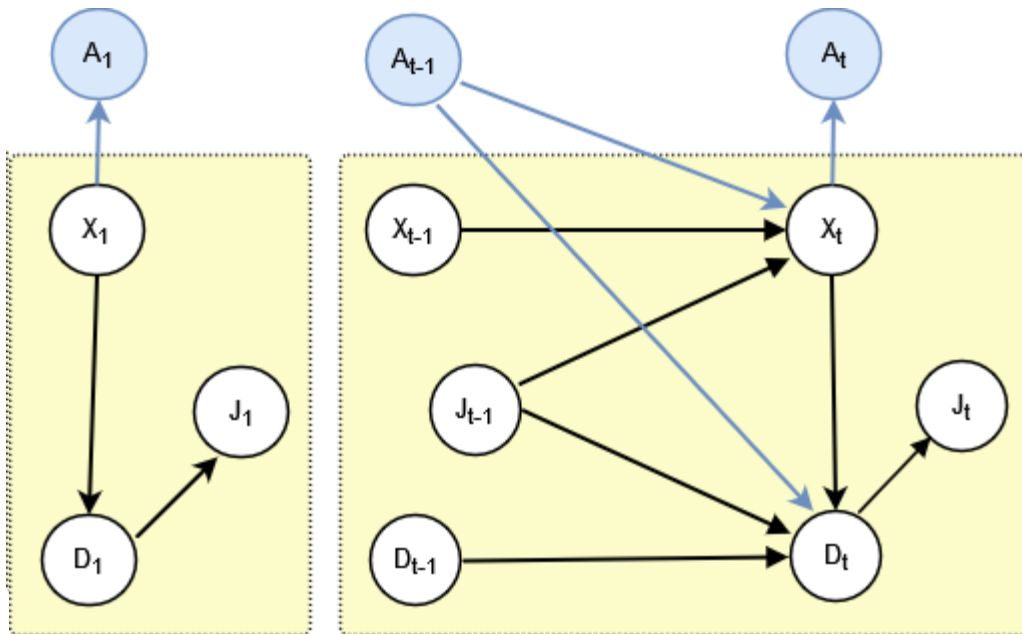
- Proposés par Donat et al. [2010] d'après une idée de Murphy [2002]
- Pour modéliser le vieillissement d'un système



- Un DBN particulier, à 2 tranches de temps
 - Qui représente explicitement la **distribution du temps de séjour** dans un état
- X_t = état du système
 D_t = temps restant dans l'état courant
 J_t = booléen indiquant s'il faut changer d'état

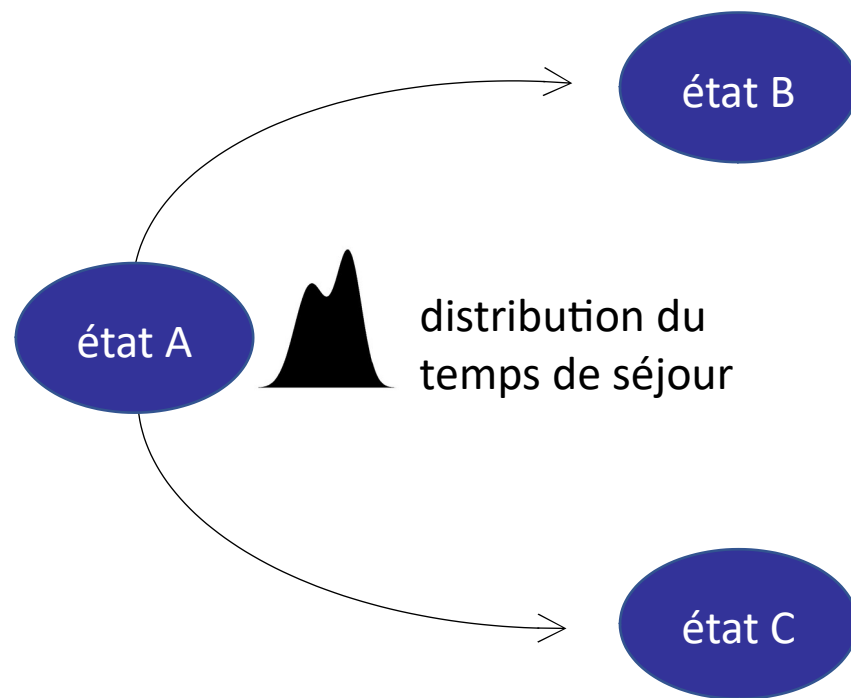
Modèles Graphiques de Durée

- Proposés par Donat et al. [2010] d'après une idée de Murphy [2002]
- Pour modéliser le vieillissement d'un système **et sa maintenance**

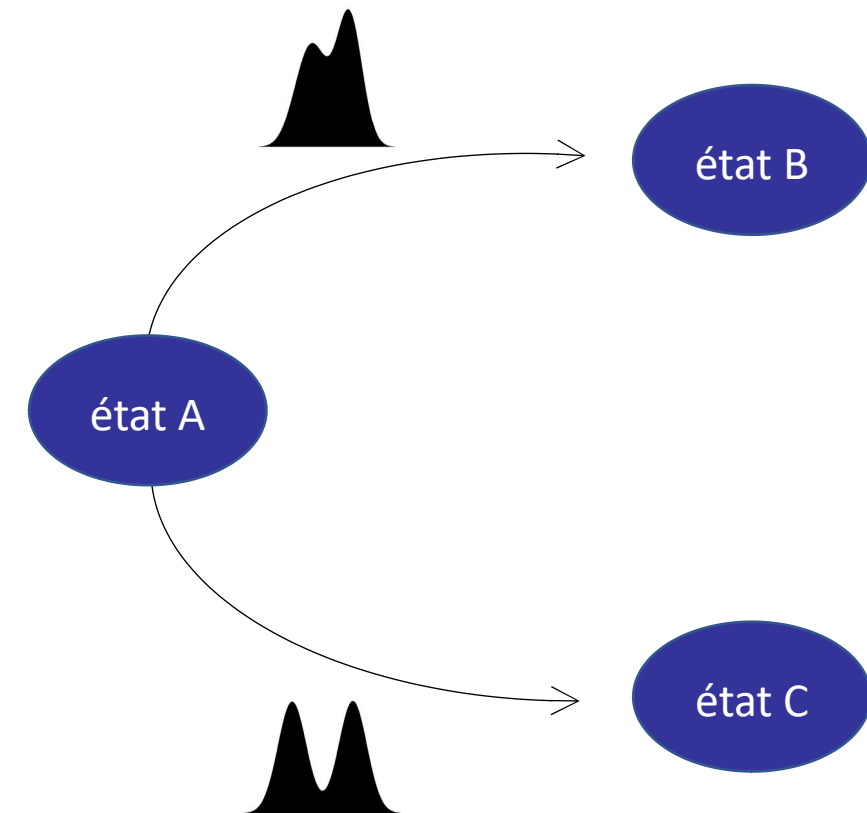


- Un DBN particulier, à 2 tranches de temps
 - Qui représente explicitement la distribution du temps de séjour dans un état
- X_t = état du système
 D_t = temps restant dans l'état courant
 J_t = booléen indiquant s'il faut changer d'état
 A_t = **action de maintenance réalisée**

Changement d'état dans un MGD classique



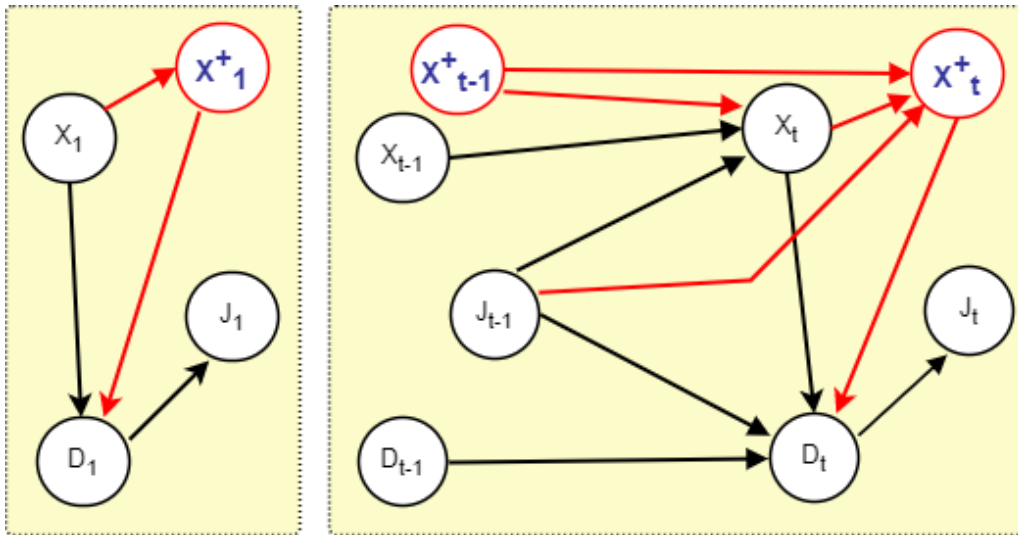
Notre besoin



des transitions concurrentes avec des distributions différentes

Modèles Graphiques de Durée avec loi de durée sur les transitions

Ajout d'une variable X_t^+ qui désigne le prochain état à venir



X_t = état du système

D_t = temps restant dans l'état courant

J_t = booléen indiquant s'il faut changer d'état

X_t^+ = prochain état

(+ les actions de maintenance...)

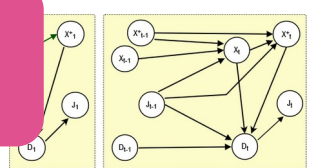
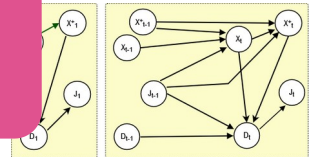
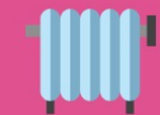
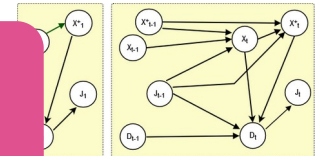
Focus sur la maison individuelle

Modélisation proposée :

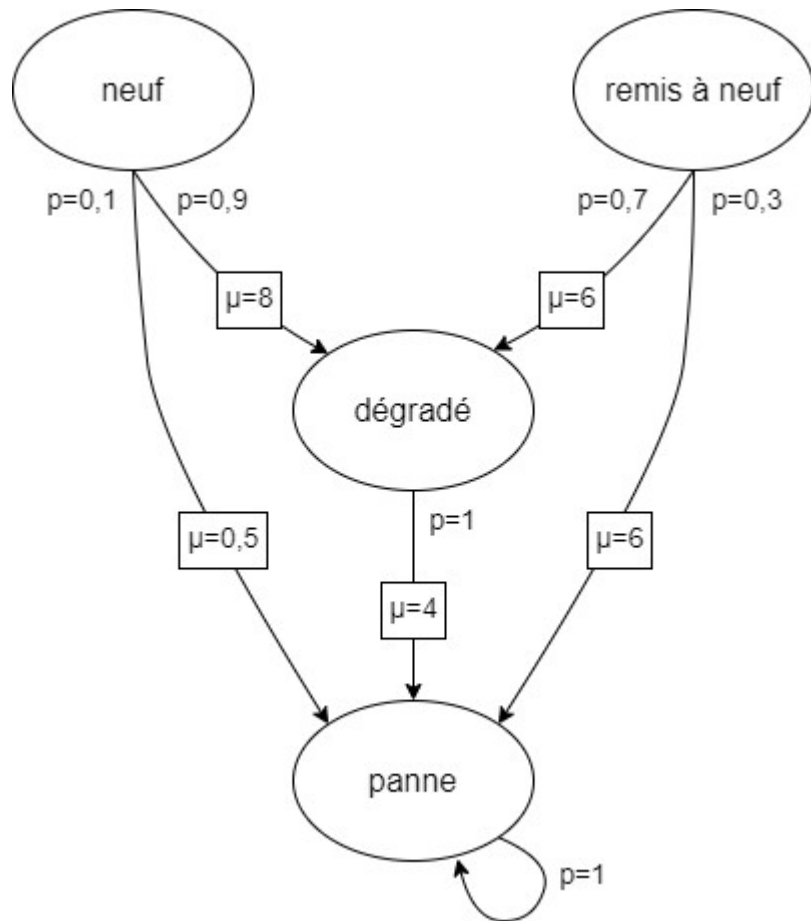
- une maison est associée à un propriétaire
- une maison est constituée de composants indépendants
- chaque composant vieillit selon un MGD à loi de durée sur les transitions



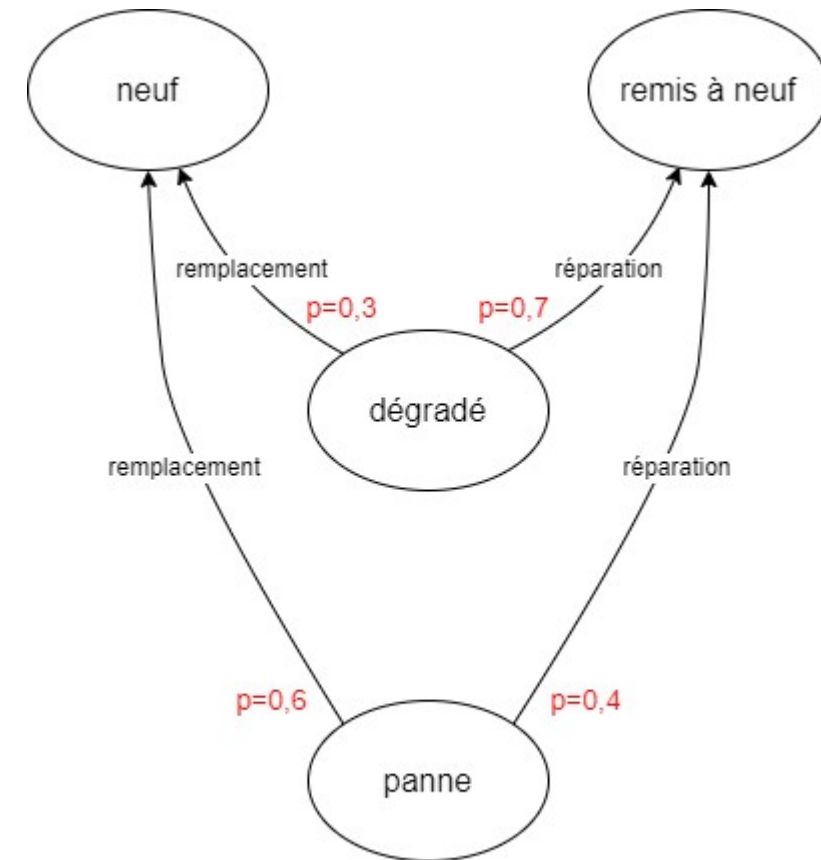
propriétaire



Exemple de la chaudière gaz de moyenne gamme



Transitions naturelles
(vieillesse)



Transitions artificielles

+ Politique de maintenance d'un propriétaire occupant

Un modèle posant les fondations de nombreuses applications



Modèle bayésien

- Enveloppe interne de l'habitat
 - Système de chauffage
 - Electroménager
- Enveloppe extérieure
 - Menuiseries
 - Isolation

Module : Etiquette énergie

- Estimer l'étiquette en fonction des travaux

Module : consommation

- Electricité/Chauffage/Eau/...

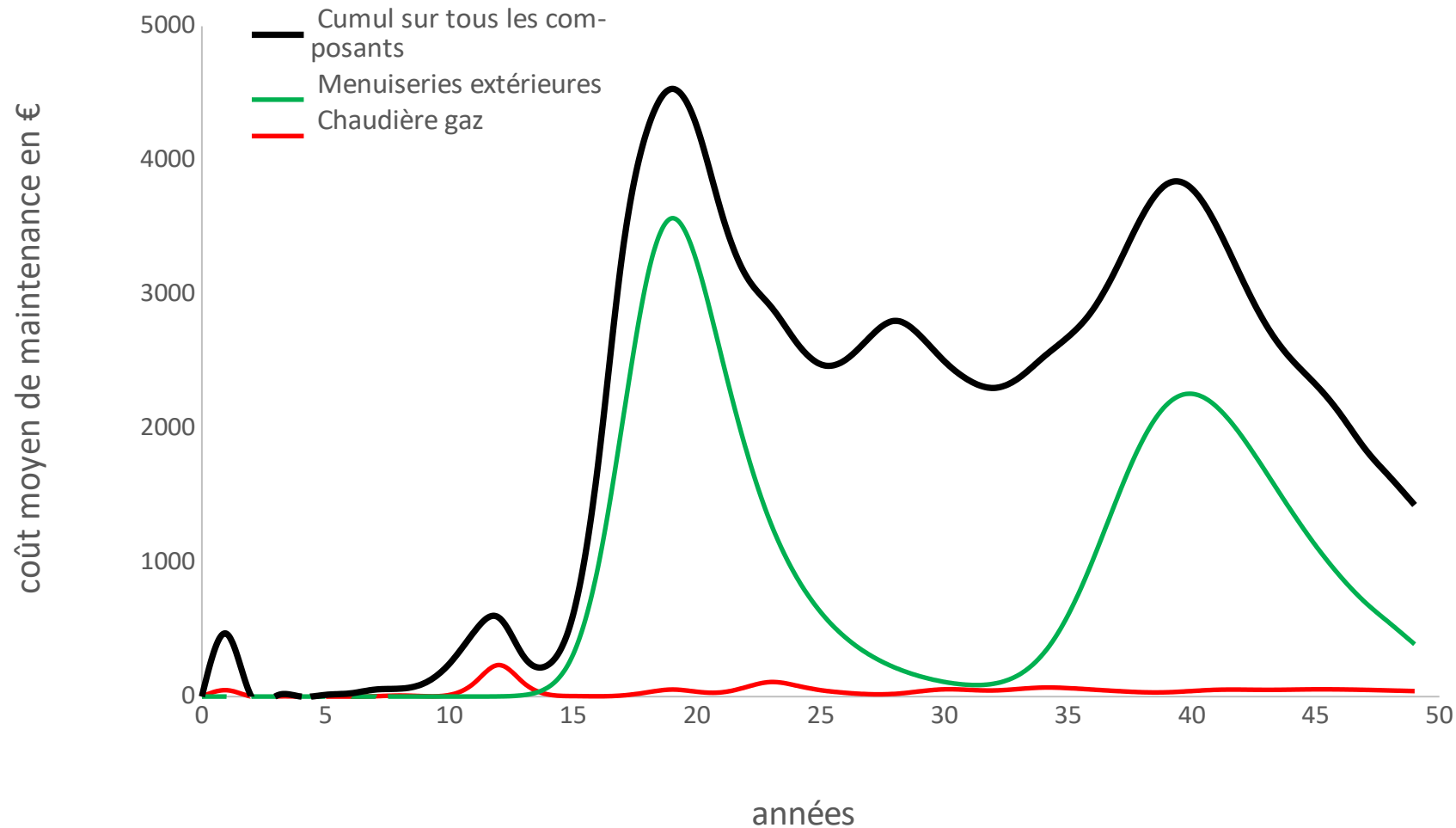
Module : entretiens

- Chaudière/ventilation/ramonage cheminée/...

Pourquoi ?

- o Calculer l'ensemble des consommations d'énergie d'un habitat
- o Estimer une étiquette énergie post travaux/rénovation et donc les conséquences sur la consommation
- o Simuler les futures évolutions législatives comme l'abandon du fioul, ou du gaz (mesure évoquée)

Après inférence, génération de la *Lifetime Expense Curve*



Maison-type :

- maison contemporaine
- 5 pièces
- construite dans les années 2000
- 80m²
- deux niveaux
- pente de toit 35°
- étiquette DPE D
- occupée par un propriétaire aux revenus médians

équipée des composants :

- 1 chaudière gaz
- 4 radiateurs à eau
- 10 menuiseries extérieures haut de gamme
- 1 VMC
- isolation de la toiture
- isolation des murs
- isolation du plancher

Nos contributions :

- une extension des Modèles Graphiques de Durée où la loi de durée est associée aux transitions
- modélisation d'un logement résidentiel à l'aide des MGD étendus
- application avec les experts d'EP pour estimer l'évolution des coûts de maintenance et d'énergie

Travaux futurs :

- complexifier la modélisation
- évaluer les résultats
 - sur une centaine de maisons-types (par les experts d'EP)
 - sur les données de rénovation énergétique recueillies par EP (environ 200 000 chantiers)

Merci pour votre attention

Questions ?