

04-05

Modèles à espace d'états

Spécialisation technique en intelligence artificielle
Algorithmes d'apprentissage non supervisé — 420-A58-SF — M. Swawola, M.Sc.

**NOUS ÉCLAIRONS.
VOUS BRILLEZ.**

FORMATION CONTINUE
ET SERVICES AUX ENTREPRISES



Sommaire

1. Modèles à espace d'états
2. Commande **ets**
3. Références



Modèles à espace d'états

Introduction

- Les méthodes de lissage exponentiel que l'on vient de voir fournissent des algorithmes permettant de calculer des prévisions successives
- Les **modèles à espace d'états** génèrent aussi des prévisions, mais également des intervalles de prévisions

Un processus stochastique est introduit pour modéliser la loi des prévisions

Introduction

- Chaque modèle comprend une équation d'observation et une équation d'états, une pour chaque état (erreur, tendance, saisonnalité). C'est un **modèle dit à espace d'états**
- Il y a 18 modèles pour chaque méthode (dont 2 modèles pour chaque méthode suivant que l'erreur soit additive ou multiplicative)

Erreur = {A, M}

Tendance = {N, A, A_a}

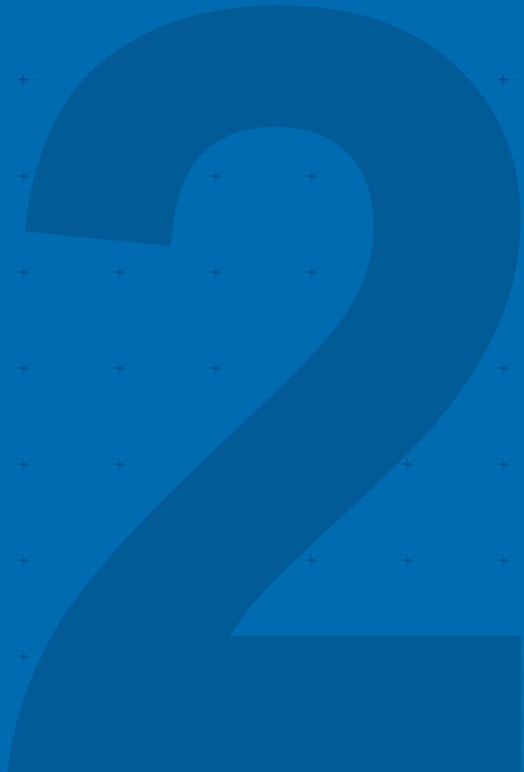
Saisonnalité = {N, A, M}

Les 18 modèles

	Composante saisonnière		
	N (sans)	A (additive)	M (multiplicative)
Tendance			
N (sans)	N,N	N,A	N,M
A (additive)	A,N	A,A	A,M
A _a (additive amortie)	A _a ,N	A _a ,A	A _a ,M

Les 18 modèles - exemples

- (N,N) Lissage exponentiel simple
- (A,N) Lissage de Holt
- (A,A) Méthode additive de Holt-Winters
- (A,M) Méthode multiplicative de Holt-Winters
- (A_a ,M) Méthode multiplicative de Holt-Winters amortie



2

Commande ets

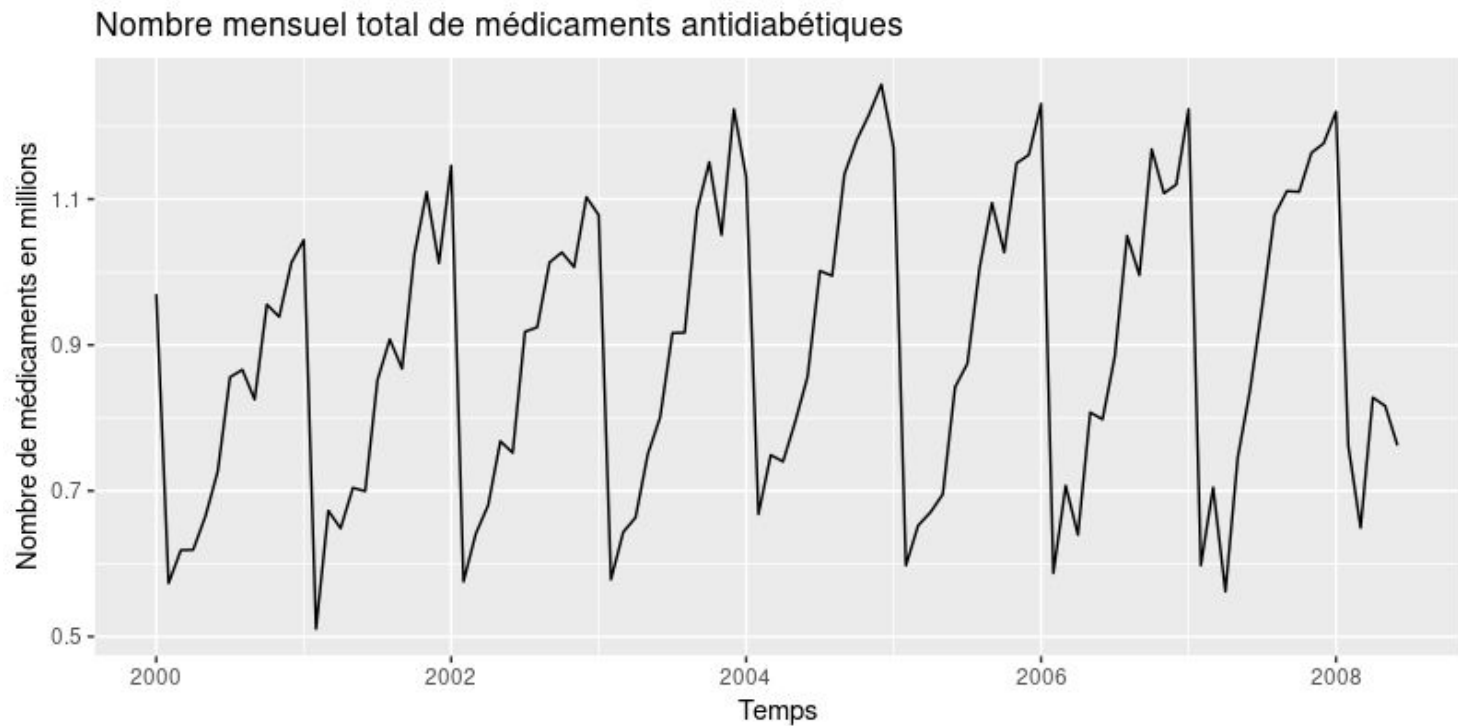
La commande ets

- **ets** est l'acronyme de "Erreur, Tendance, Saisonnalité". La commande ets est automatisée et donne d'excellents résultats !
- Elle permet de choisir entre différents modèles de lissage exponentiel basés sur des modèles à espace d'états
- Le critère de choix entre les différents modèles est essentiellement fait via la minimisation des critères d'information **AIC**, **AIC_c** ou **BIC**

La commande ets

- Les états initiaux sont sélectionnés de manière heuristique
- Les paramètres de lissage sont estimés en utilisant le maximum de vraisemblance
- La meilleure méthode est sélectionnée via le critère AIC_c
- Les prévisions sont obtenues en utilisant la meilleure méthode retenue

Exemple Holt-Winters additif (AAA)

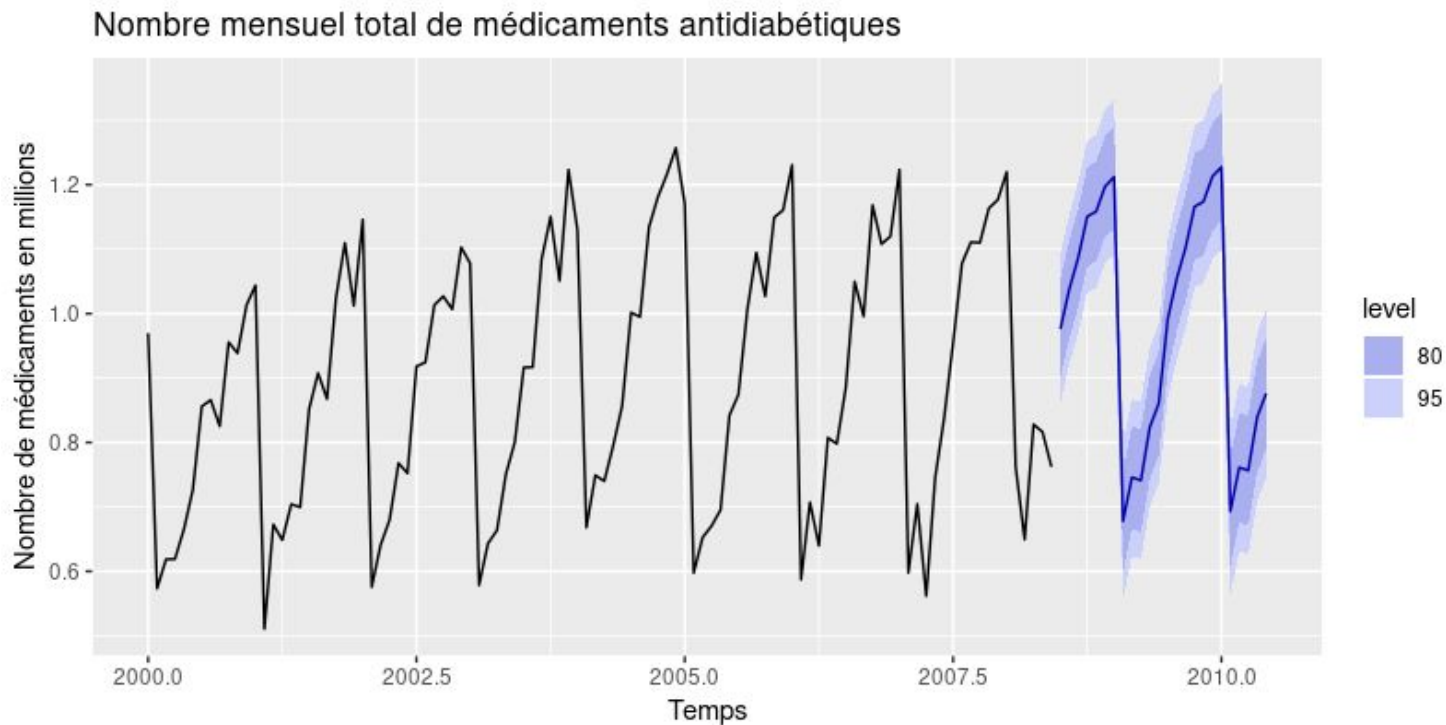


Exemple Holt-Winters additif (AAA)

■ Code R

```
ets(diab, model="AAA") %>%  
forecast(h=24) %>% autoplot() +  
  ggtitle("Nombre mensuel total de médicaments antidiabétiques") +  
  xlab("Temps") +  
  ylab("Nombre de médicaments en millions")
```

Exemple Holt-Winters additif (AAA)

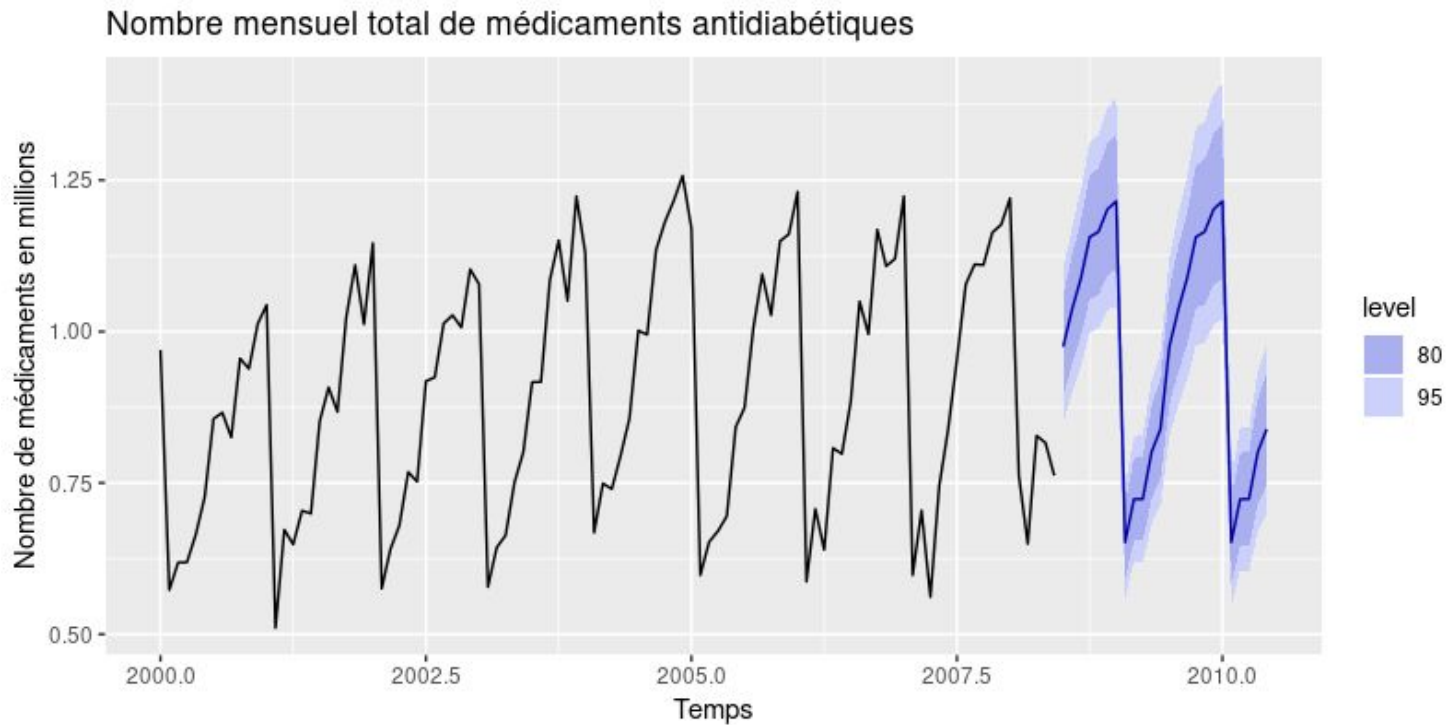


Exemple de sélection automatique (ZZZ)

- On peut laisser la commande `ets` sélectionner automatiquement le meilleur modèle
- Code R

```
ets(diab, model="ZZZ") %>%  
  forecast(h=24) %>%  
  autoplot() +  
    ggtitle("Nombre mensuel total de médicaments antidiabétiques") +  
    xlab("Temps") +  
    ylab("Nombre de médicaments en millions")
```

Exemple de sélection automatique (ZZZ)



Exemple de sélection automatique (ZZZ)

- Le modèle sélectionné est **ets(M,N,M)**

- Code R

```
fit2diab <- ets(diab, model="ZZZ")  
summary(fit2diab)
```



ETS (M, N, M)

Call:

```
ets(y = diab, model = "ZZZ")
```

Smoothing parameters:

alpha = 0.169

gamma = 1e-04

Initial states:

l = 0.8121

s = 1.246 1.2076 1.1985 1.1274 1.074 1.0105

0.8696 0.8308 0.75 0.7496 0.6761 1.2598

sigma: 0.0663

AIC	AICc	BIC
-97.02194	-91.44054	-57.64735

...

Comparaison des deux approches

■ diab %>%

```
ets(model="AAA") %>%
```

```
accuracy()
```



RMSE	0.05417285
MAE	0.04436907
MAPE	5.27636
MASE	0.7167734

■ diab %>%

```
ets() %>%
```

```
accuracy()
```



RMSE	0.0515159
MAE	0.0423964
MAPE	4.900056
MASE	0.6849053



Pull de <https://github.com/mswawola-cegep/420-a58-sf.git>

04-05-TP



Références

Références

[1] Cours “R et la prévision de séries temporelles” de Michel Carbon - Université Laval