

## R et la prévision des séries temporelles

### Chapitre 5 - Quelques compléments

Michel CARBON

Université Laval de Québec

13 mai 2019



## Préambule

On donnera ci-dessous quelques autres approches pour faire de la prévision.

Tout d'abord, une nouvelle approche prévisionnelle via la commande "TBATS".

On va donner également une autre méthode de prévision très efficace, via la commande "STL".

Ensuite, nous verrons que combiner plusieurs méthodes de prévision donne très souvent une meilleure prévision.

Enfin, on détaillera une méthode de bootstrap pour le cas où les résidus s'avèrent non gaussiens.



## La commande "TBATS"

TBATS signifie :

- ① **T** : Terme trigonométrique pour la saisonnalité.
- ② **B** : Transformation de Box et Cox pour l'hétérogénéité.
- ③ **A** : Termes ARMA d'erreurs.
- ④ **T** : Tendence (éventuellement amortie)
- ⑤ **S** : Terme saisonnier (avec éventuellement des saisons multiples)



## Le modèle sous "TBATS"

$$X_t^{(\omega)} = \begin{cases} (X_t^{(\omega)} - 1)/\omega & \text{si } \omega \neq 0 \\ \ln X_t & \text{si } \omega = 0 \end{cases}$$

$$X_t^{(\omega)} = l_{t-1} + \varphi b_{t-1} + \sum_{i=1}^M s_{t-m_i}^{(i)} + d_t$$

$$l_t = l_{t-1} + \varphi b_{t-1} + \alpha d_t$$

$$b_t = (1 - \varphi)b + \varphi b_{t-1} + \beta d_t$$

$$d_t = \sum_{i=1}^p \varphi_i d_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t$$

$$s_t^{(i)} = \sum_{j=1}^{k_i} s_{j,t}^{(i)}$$



## Le modèle sous "TBATS"

où

$$s_{j,t}^{(i)} = s_{j,t-1}^{(i)} \cos \lambda_j^{(i)} + s_{j,t-1}^{*(i)} \sin \lambda_j^{(i)} + \gamma_1^{(i)} d_t$$

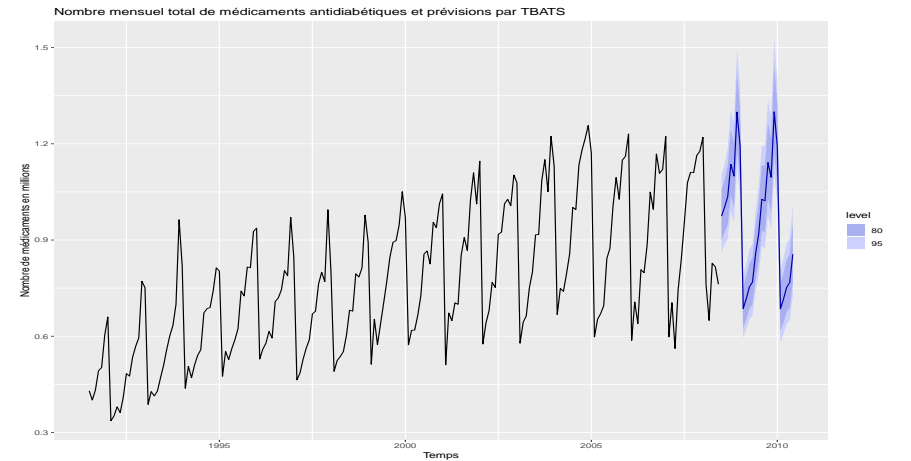
$$s_{j,t}^{(i)} = -s_{j,t-1}^{(i)} \sin \lambda_j^{(i)} + s_{j,t-1}^{*(i)} \cos \lambda_j^{(i)} + \gamma_2^{(i)} d_t$$

Exemple (code) :

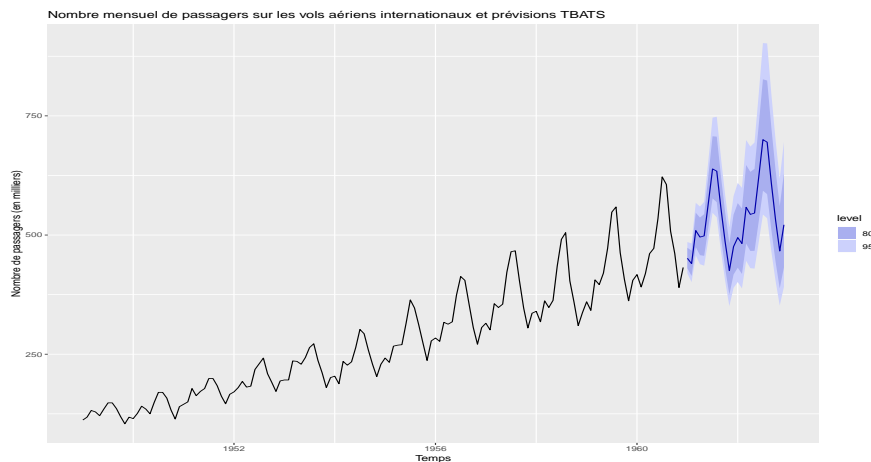
```
h02.fit<-tbats(h02)
autoplot(forecast(h02.fit))+
ggtitle("Nombre mensuel total de médicaments antidiabétiques en millions")
xlab("Temps")+
ylab("Nombre de médicaments en millions")
```



## Commande "TBATS" - Exemple



## Commande "TBATS" - Exemple



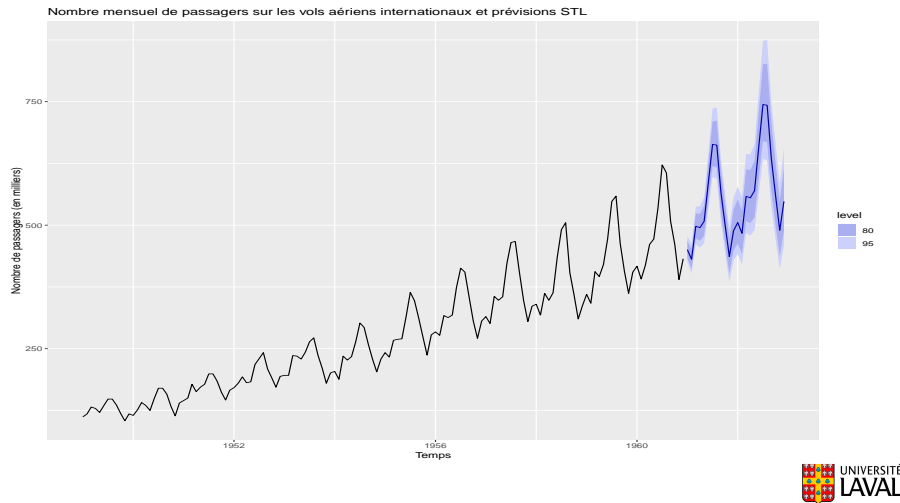
## Commande "STL"

STL est une méthode polyvalente et robuste pour la décomposition de séries chronologiques.

STL est un acronyme pour "décomposition saisonnière et de tendance à l'aide de Loess", tandis que Loess est une méthode efficace d'estimation de relations non linéaires.



## Commande "STL" - Exemple



Michel CARBON

R et la prévision des séries temporelles Chapitre 5 - Quelq

## Architecture neuronale

Un réseau de neurones peut être considéré comme un réseau de "neurones" organisés en couches.

Les prédicteurs (ou entrées) forment la couche inférieure et les prévisions (ou sorties) forment la couche supérieure.

Il peut également y avoir des couches intermédiaires contenant des neurones "cachés".

Michel CARBON

R et la prévision des séries temporelles Chapitre 5 - Quelq

## Perceptron

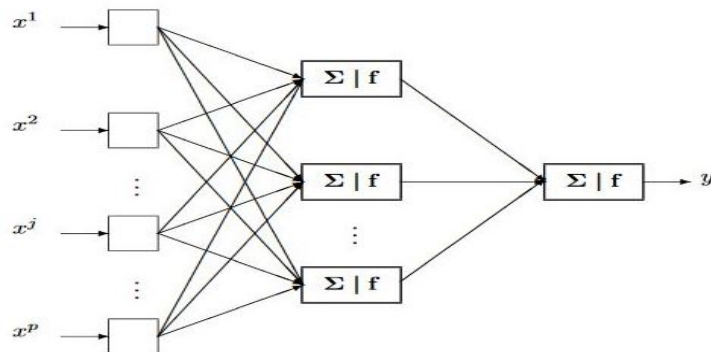


Figure 1: Exemple de perceptron multicouche avec une couche cachée et une couche de sortie

Michel CARBON

R et la prévision des séries temporelles Chapitre 5 - Quelq

## Perceptron

Avec des données chronologiques, les valeurs retardées de la série chronologique peuvent être utilisées comme entrées dans un réseau de neurones, tout comme on a déjà utilisé les valeurs retardées dans un modèle autorégressif.

On appelle cela un modèle d'autorégression de réseau neuronal ou modèle **NNAR**.

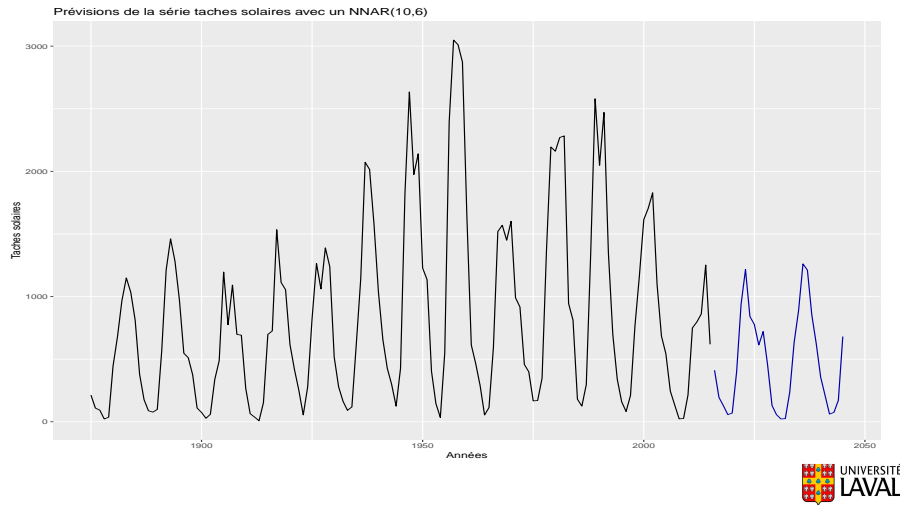
On utilise la notation **NNAR(p, k)** pour indiquer qu'il y a **p** entrées de la série retardée et **k** nœuds dans la couche cachée.

Par exemple, un modèle **NNAR(9, 5)** est un réseau de neurones avec les neuf dernières observations ( $X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-9}$ ) utilisées comme entrées pour la prévision de la sortie  $X_t$ , et avec cinq neurones dans la couche cachée.

Michel CARBON

R et la prévision des séries temporelles Chapitre 5 - Quelq

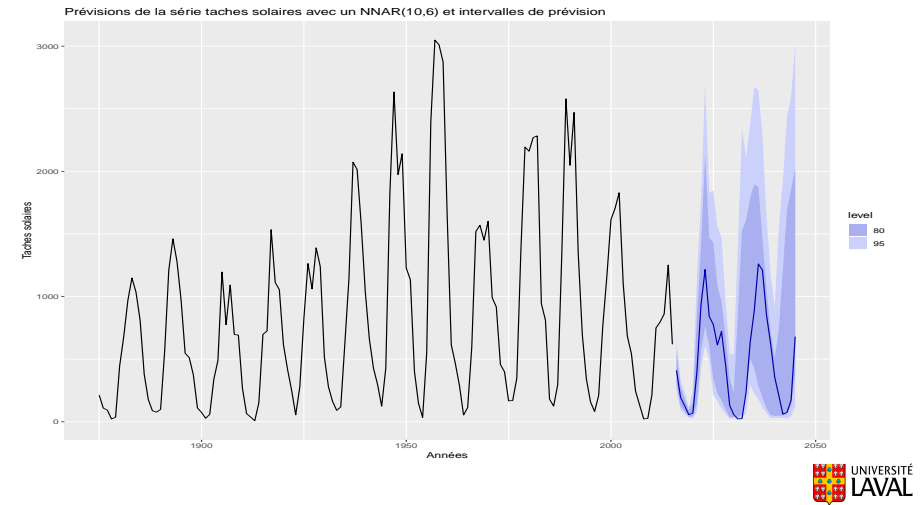
## Exemple : les taches solaires



Michel CARBON

R et la prévision des séries temporelles Chapitre 5 - Quelq

## Exemple : les taches solaires



Michel CARBON

R et la prévision des séries temporelles Chapitre 5 - Quelq

## Combinaisons de prévisions

Un moyen simple d'améliorer la précision des prévisions consiste à utiliser plusieurs méthodes différentes sur la même série temporelle et à moyenner les prévisions résultantes.

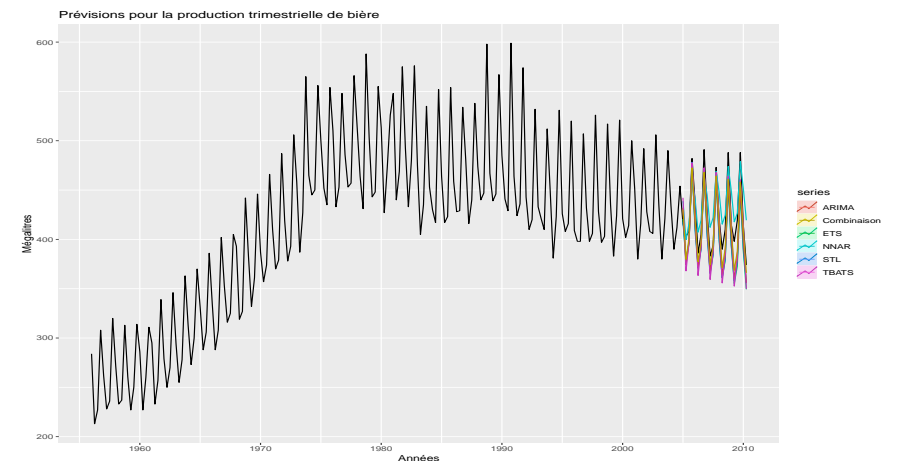
Clemen (1989) a écrit :

Les résultats ont été pratiquement unanimes : la combinaison de plusieurs méthodes de prévisions entraîne une précision accrue des prévisions. Dans de nombreux cas, il est possible d'améliorer considérablement les performances en effectuant une moyenne des différentes méthodes de prévisions.

Michel CARBON

R et la prévision des séries temporelles Chapitre 5 - Quelq

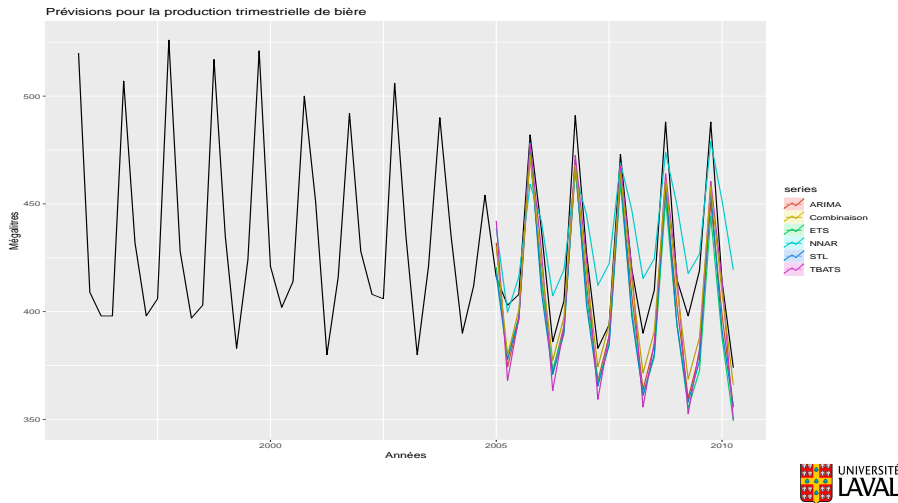
## Combinaisons de prévisions - Exemple



Michel CARBON

R et la prévision des séries temporelles Chapitre 5 - Quelq

## Combinaisons de prévisions - Exemple(zoom)



Michel CARBON

R et la prévision des séries temporelles Chapitre 5 - Quelq

## Combinaisons de prévisions - Exemple

On trouve ci-dessous les valeurs du RMSE :

ETS	ARIMA	STL	NNAR	TBATS
25.41572	22.29855	23.54324	22.85462	22.18141
Combinaison				
16.94683				

Michel CARBON

R et la prévision des séries temporelles Chapitre 5 - Quelq

## Exercice

À vous !

- 1 Avec la série "électricité" déjà utilisée, tronquez fictivement les 60 dernières observations et faites des prévisions sur 5 ans avec ets, stl, arima, nnar et tbats, puis une combinaison de toutes. Tracez-les sur un même graphique.
- 2 Faites un zoom du graphe précédent pour mieux distinguer les diverses prévisions.
- 3 Calculez quelques mesures d'erreurs de prévisions avec les différentes approches. Qu'en concluez-vous ?

Michel CARBON

R et la prévision des séries temporelles Chapitre 5 - Quelq