

# Non-linéarité et asymétrie dans les déterminations économiques des taux de change : une illustration sur la parité Euro-Dollar à partir d'un modèle de partitionnement récursif.

Thierry Apoteker\*, Sylvain Barthélémy\* et Thomas Senné\*.§

\*Thierry Apoteker Consultant

§CREM, Université de Caen

[www.tac-financial.com](http://www.tac-financial.com)

Juin 2007

- **Constat de départ :**

- ① La détermination du taux de change à court et moyen terme reste un exercice pratique délicat malgré :

- ① Un consensus théorique autour des déterminants du taux de change.
- ② Des investissements empiriques considérables au cours des dernières décennies (extensions et sophistication des modèles à partir des déterminants traditionnels).

- ② Cette difficulté provient d'une identification délicate des liens entre la dynamique macroéconomique et celle du taux de change (avec éventuellement des effets contraires des déterminants selon les circonstances macroéconomiques).

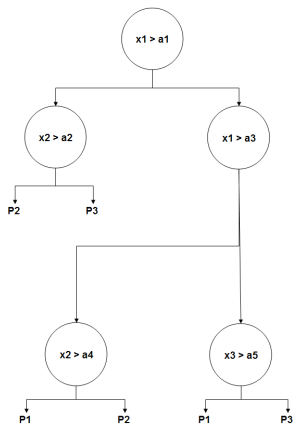
- **Problématique :** Comment appréhender la nature éventuellement asymétrique et non linéaire de la relation entre le taux de change et les déterminants macroéconomiques grâce à une nouvelle méthode d'estimation spécifiquement adaptée à la mise en évidence de ces phénomènes.

- **Application** : Exercice de prévision du taux de change Euro-Dollar sur un horizon de 12 mois.
- **Objectif** : Le but premier de ce travail n'est pas de trouver une modélisation plus performante que celles apportées par l'économétrie standard ou avancée mais plutôt d'en présenter une nouvelle et de discuter du gain d'information apporté.
- **Plan** :
  - ① Présentation du partitionnement récursif.
  - ② Estimation du modèle.
  - ③ Analyse des performances du modèle.
  - ④ Conclusion et problème ouvert.

- **Notations** :  $P$  la population,  $n$  le nombre de groupes  $P_k$ ,  $N$  le nombre total d'individus,  $X' = (x_1, \dots, x_J)$  l'ensemble des prédicteurs et  $Y$  une variable discrète qui indique le groupe auquel appartient un individu.
- **Apparition** : Cet algorithme a été introduit par Sonquist & Morgan (1960) mais ce sont les travaux de Breiman et al. (1984) qui permettent une utilisation plus opérationnelle.
- **Utilisation** : Il sert principalement à l'identification des caractéristiques d'appartenance à des groupes d'une population d'individus. Il permet la construction d'arbres à divisions binaires successives, chaque noeud représentant un critère discriminant particulier.

# Le partitionnement récursif : Exemple d'arbre.

Exemple fictif de partitionnement récursif



# Le partitionnement récursif : Présentation de l'algorithme (1).

L'algorithme du partitionnement récursif peut être décrit de manière synthétique :

- 1 Création d'un noeud  $a$ .
- 2 Si  $X = \emptyset$  ou si  $Y$  a la même valeur  $\forall i \in N$  alors on retourne au noeud  $a$  avec comme prédiction la classe majoritaire.
- 3 Choix de la meilleure variable de test  $x_j \in X$ .
- 4 Partition de  $P$  en 2 sous-groupes suivant une valeur de  $x_j$  : le choix de  $x_j$  et de la valeur associée se fait par un programme de maximisation de la réduction de l'impureté.
- 5 Pour chaque partition ainsi réalisée, on effectue les étapes 1 à 4 de manière itérative.

# Le partitionnement récursif : Présentation de l'algorithme (2).

- **Impureté** : Elle indique la proportion d'individus mal classés par la règle décision.
- **Arrêt** : La procédure s'arrête soit lorsque tous les noeuds terminaux sont purs soit lorsqu'il n'existe plus de divisions admissibles.
- **Réduction de l'arbre** : L'élagage s'effectue par rapprochement des noeuds dont les décisions sont proches ou par élagage direct des branches les moins informatives.

- **Forme de la segmentation** : La plupart des méthodes de classification recherche la règle d'arrêt la plus appropriée possible, très souvent elle est basée sur un seuil d'impureté. Cependant:
  - ① Si le seuil est trop petit : on rencontre le problème de surapprentissage.
  - ② Si le seuil trop grand : l'arbre obtenu possède un faible pouvoir discriminant.
- **Information apportée** : En plus de l'information habituelle, on infert la nature de la relation causale entre les variables exogènes et la variable prédite en intégrant dans cette relation de dépendance un seuil conditionnel et une possibilité de sens de dépendance différents selon la valeur des autres prédicteurs.

- **Objectif** : Le but du travail est de modéliser la valeur future du taux de change Euro-Dollar en reprenant les déterminants classiques de la théorie. Cette modélisation prend en compte les asymétries et les non-linéarités.
- **Variable cible** : La valeur trimestrielle moyenne du taux de change Euro-Dollar future à un horizon de 12 mois. Cette variable est recodée selon des quantiles homogènes en effectif afin de procéder à une classification. Ce n'est donc pas un niveau ponctuel qui est fourni par la prévision mais plutôt une plage de valeur.

- **Les déterminants classiques de la théorie**

- ① Parité des taux d'intérêt : différentiel de taux courts (*DIFFIRATE3*).
- ② Parité de pouvoir d'achat : différentiel d'inflation (*DIFFMTCPI*).
- ③ Autres variables : différentiel de croissance de masse monétaire (*DIFFMTM2*), différentiel de croissance du PIB réel (*DIFFMTGDPR*) et part de la croissance monétaire non expliquée par la croissance du PIB nominal (*US\_DIFFMON* et *EU\_DIFFMON*).

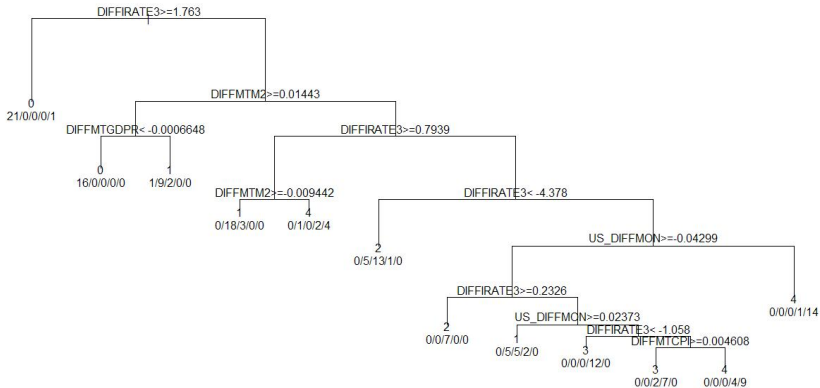
- **Remarques** : Les variables sont lissées par moyenne mobile trimestrielle.

- **Source** : Données mensuelles issues de la base IFS du FMI durant la période 1990 à 2006.

# Estimation du modèle : Arbre obtenu.

Arbre à décision binaire issue de l'estimation.

Prévisions 12 Mois (RP) / Précision : 82 %



RMSE = 59.8

- La matrice de confusion obtenue lors de l'estimation est la suivante :

Prévisions intra-échantillon : matrice de confusion.

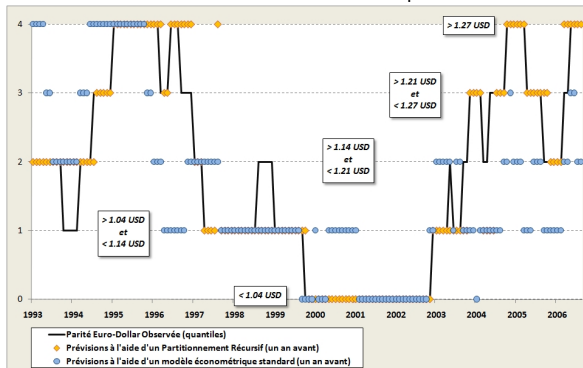
	<b>P0</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>
<b>P0</b>	37	0	0	0	1
<b>P1</b>	1	32	10	2	0
<b>P2</b>	0	5	20	1	0
<b>P3</b>	0	0	2	19	0
<b>P4</b>	0	1	0	7	27

- Cela correspond à une précision intra-échantillon globale de 82%.

# Etude de la performance : Comparaison MCO (1).

- **MCO** : Comparaison de l'arbre de décision par rapport à une modélisation économétrique standard.

Prévisions intra-échantillon avec les MCO et le partitionnement récursif.



- Le partitionnement récursif surperforme les MCO, et ceci pour toutes les combinaisons possibles de variables.

# Etude de la performance : Performance extra-échantillon (1).

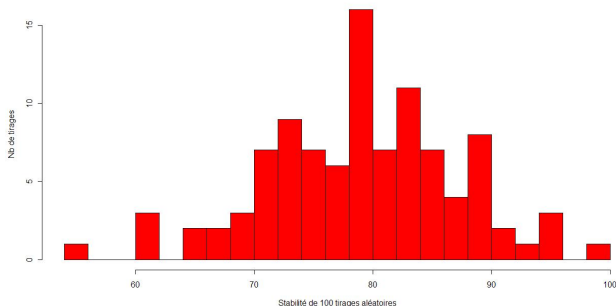
- **Principe des simulations :**

- ① On tire de façon aléatoire un sous-échantillon dont l'effectif est égal aux deux tiers de celui de l'échantillon de base.
- ② On applique l'algorithme du partitionnement récursif sur ce sous-échantillon. On en tire une précision intra-échantillon.
- ③ On utilise l'arbre de décision obtenu à l'étape précédente pour obtenir des prévisions pour les dates de l'échantillon de base non incluses dans le sous-échantillon considéré. Cette étape permet d'obtenir une précision hors échantillon.
- ④ On réitère les trois étapes précédentes un nombre quelconque de fois, nous avons décidé de le faire 100 fois.

- **Objectif :** L'objectif de cette étape est de montrer la stabilité relative des performances de prévision, notamment hors échantillon, ce qui montre la qualité adaptative du modèle.

# Etude de la performance : Performance extra-échantillon (2).

Distribution des performances extra-échantillon de 100 tirages aléatoires.



Performance de prévision : résumé.

	Intra-échantillon	Extra-échantillon
Minimum	55.4	58.2
Maximum	82.7	98.2
Moyenne	69.1	78.3

- **Conclusion** : La mise en place d'un outil conjoncturel de prévision du taux de change Euro-Dollar à l'aide d'un arbre binaire a donné des résultats meilleurs que ceux escomptés initialement :
  - ① 82% de bonnes réponses contre 39% dans le cas d'une équation économétrique standard.
  - ② Les prévisions hors échantillon sont particulièrement bonnes avec une précision moyenne de près de 80% lors des simulations.
  - ③ Possibilité de "dérouler" un scénario de change à 12 mois en fonction des variables macroéconomiques observées, ce scénario pouvant être asymétrique.
- **Problème ouvert** : Le défaut principal de cette méthode est l'instabilité relative des arbres, ce qui peut parfois rendre difficile la lecture de la dynamique des scénarios. Ainsi la prochaine étape afin de pérenniser ce type de prédiction du taux de change sera de rendre plus robuste les scénarios obtenus aux variations d'échantillon.

Je vous remercie de votre attention.