

# Introduction à la modélisation DSGE

Sébastien Villemot

OFCE

12 février 2015

# Définition

## Au pied de la lettre

Modèles. . .

- dynamiques
- stochastiques
- d'équilibre général

# Définition

## Au pied de la lettre

Modèles. . .

- dynamiques
- stochastiques
- d'équilibre général

## Mais surtout. . .

- Découlent de la « nouvelle synthèse » entre les nouvelles écoles classique et keynésienne
- Concrétisation dans des modèles opérationnels, quantitatifs, et pertinents empiriquement

## Citation de Jordi Galí

*“The New Keynesian paradigm arose in the 1980s as an attempt to provide microfoundations for key Keynesian concepts such as the inefficiency of aggregate fluctuations, nominal price stickiness, and the non-neutrality of money. The models of this literature, however, were typically static and designed mainly for qualitative as opposed to quantitative analysis.*

*By contrast, real business cycle theory [...] demonstrated how it was possible to build quantitative macroeconomic models exclusively from the ‘bottom up’—that is, from explicit optimizing behavior at the individual level. These models, however, abstracted from monetary and financial factors and thus could not address the issues that we just described.*

*[...] The new frameworks reflect a natural synthesis of the New Keynesian and real business cycle approaches.”*

# La recette

Ingrédients de la nouvelle école classique

Ingrédients de la nouvelle école keynésienne

# La recette

## Ingrédients de la nouvelle école classique

- Individualisme méthodologique

## Ingrédients de la nouvelle école keynésienne

# La recette

## Ingrédients de la nouvelle école classique

- Individualisme méthodologique
- Comportements micro-fondés (optimisation intertemporelle)

## Ingrédients de la nouvelle école keynésienne

# La recette

## Ingrédients de la nouvelle école classique

- Individualisme méthodologique
- Comportements micro-fondés (optimisation intertemporelle)
- Anticipations rationnelles

## Ingrédients de la nouvelle école keynésienne

# La recette

## Ingrédients de la nouvelle école classique

- Individualisme méthodologique
- Comportements micro-fondés (optimisation intertemporelle)
- Anticipations rationnelles
- Prix équilibrant offre et demande sur tous les marchés

## Ingrédients de la nouvelle école keynésienne

# La recette

## Ingrédients de la nouvelle école classique

- Individualisme méthodologique
- Comportements micro-fondés (optimisation intertemporelle)
- Anticipations rationnelles
- Prix équilibrant offre et demande sur tous les marchés

## Ingrédients de la nouvelle école keynésienne

- Concurrence imparfaite (compétition monopolistique)

# La recette

## Ingrédients de la nouvelle école classique

- Individualisme méthodologique
- Comportements micro-fondés (optimisation intertemporelle)
- Anticipations rationnelles
- Prix équilibrant offre et demande sur tous les marchés

## Ingrédients de la nouvelle école keynésienne

- Concurrence imparfaite (compétition monopolistique)
- Rigidités nominales des prix et salaires

# La recette

## Ingrédients de la nouvelle école classique

- Individualisme méthodologique
- Comportements micro-fondés (optimisation intertemporelle)
- Anticipations rationnelles
- Prix équilibrant offre et demande sur tous les marchés

## Ingrédients de la nouvelle école keynésienne

- Concurrence imparfaite (compétition monopolistique)
- Rigidités nominales des prix et salaires
- Imperfections spécifiques sur marchés du travail et du capital

# Propriétés principales du modèle

## Keynésien à court terme

- choc de demande : activité ↗, inflation ↗
- politiques monétaire et budgétaire efficaces pour la stabilisation macroéconomique
- multiplicateur budgétaire réaliste

# Propriétés principales du modèle

## Keynésien à court terme

- choc de demande : activité ↗, inflation ↗
- politiques monétaire et budgétaire efficaces pour la stabilisation macroéconomique
- multiplicateur budgétaire réaliste

## Classique à long terme

- équilibre déterminé par l'offre (technologie et préférences)
- retour automatique au plein emploi (NAIRU)
- neutralité monétaire

# Point de vue normatif

## Politique monétaire

- doit réagir à l'inflation
- et aussi au PIB (sauf cas particulier)

# Point de vue normatif

## Politique monétaire

- doit réagir à l'inflation
- et aussi au PIB (sauf cas particulier)

## Politique budgétaire

- taxes pigouviennes utiles en cas d'externalités négatives
- toutes les autres taxes (non forfaitaires) sont distorsives
- arbitrage taxes/dépenses si investissement public productif ou consommation publique valorisée subjectivement

# Point de vue normatif

## Politique monétaire

- doit réagir à l'inflation
- et aussi au PIB (sauf cas particulier)

## Politique budgétaire

- taxes pigouviennes utiles en cas d'externalités négatives
- toutes les autres taxes (non forfaitaires) sont distorsives
- arbitrage taxes/dépenses si investissement public productif ou consommation publique valorisée subjectivement

## Réformes structurelles : l'optimum de premier rang

- augmenter la concurrence sur tous les marchés
- compléter les marchés financiers
- éliminer les asymétries d'information

# Plan

- 1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire
- 2 Le modèle Smets-Wouters
- 3 Extensions principales
- 4 Conclusion

# Plan

## 1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire

- Le ménage représentatif
- Les entreprises
- Bouclage du modèle
- Dynamique du modèle
- Réécriture en écart de production
- La politique monétaire optimale

## 2 Le modèle Smets-Wouters

## 3 Extensions principales

## 4 Conclusion

# Vue d'ensemble

- Ménage (représentatif)
  - consomme des biens différenciés
  - offre du travail
  - a accès à un actif financier sans risque
- Entreprises (continuum)
  - produisent les biens différenciés
  - en concurrence monopolistique
  - choisissent leur prix de vente. . .
  - . . . mais ne peuvent en changer trop souvent
  - utilisent du travail
- Autorité monétaire
  - choisit le taux d'intérêt nominal sans risque
  - répond à la demande d'actifs

# Plan

- 1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire
  - Le ménage représentatif
    - Les entreprises
    - Bouclage du modèle
    - Dynamique du modèle
    - Réécriture en écart de production
    - La politique monétaire optimale
- 2 Le modèle Smets-Wouters
- 3 Extensions principales
- 4 Conclusion

# Programme

$$\max_{C_t(i), N_t, B_t} \mathbb{E}_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(C_t, N_t)$$

sous les contraintes :

$$C_t = \left( \int_0^1 C_t(i)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} di \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}$$

$$\int_0^1 P_t(i) C_t(i) di + Q_t B_t \leq B_{t-1} + W_t N_t + T_t$$

$\beta$  facteur d'escompte

$C_t(i)$  consommation du bien  $i$

$C_t$  agrégat de consommation

$\varepsilon$  élasticité de substitution entre biens

$P_t(i)$  prix du bien  $i$

$N_t$  offre de travail

$W_t$  salaire

$B_t$  obligations détenues

$Q_t$  prix des obligations

$T_t$  autres revenus nets

# Hypothèses supplémentaires

- Prix, salaire et autres revenus sont donnés
- Pas de jeu de Ponzi :  $\forall t, \lim_{T \rightarrow \infty} \mathbb{E}_t B_T \geq 0$
- Fonction d'utilité :

$$U(C_t, N_t) = \frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\varphi}}{1+\varphi}$$

- $\sigma$  Inverse de l'élasticité de substitution intertemporelle
- $\varphi$  Inverse de l'élasticité de Frisch de l'offre de travail

# Arbitrage entre différents biens

- Condition d'optimalité :

$$C_t(i) = \left( \frac{P_t(i)}{P_t} \right)^{-\varepsilon} C_t$$

où l'indice des prix est :

$$P_t = \left( \int_0^1 P_t(i)^{1-\varepsilon} di \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}$$

- Sous ces conditions, on a :

$$\int_0^1 P_t(i) C_t(i) di = P_t C_t$$

- La condition budgétaire se réécrit donc :

$$P_t C_t + Q_t B_t \leq B_{t-1} + W_t N_t + T_t$$

# Arbitrage intertemporel

## Équation d'Euler

$$C_t^{-\sigma} = \beta \mathbb{E}_t \left\{ \underbrace{\frac{1}{Q_t} \frac{P_t}{P_{t+1}}}_{\text{Taux d'intérêt réel}} C_{t+1}^{-\sigma} \right\}$$

Version log-linéarisée :

$$\hat{c}_t = \mathbb{E}_t \hat{c}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (i_t - \mathbb{E}_t \pi_{t+1} - \rho)$$

où :

$$i_t = -\log Q_t \quad (\text{taux d'intérêt nominal})$$

$$\rho = -\log \beta \quad (\text{taux d'escompte})$$

# Arbitrage consommation/loisir

$$\frac{N_t^\varphi}{C_t^{-\sigma}} = \frac{W_t}{P_t}$$

Chômage volontaire !

On veut travailler moins après :

- un choc de richesse positif
- ou une baisse de salaire (à richesse constante)

# Plan

## 1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire

- Le ménage représentatif
- **Les entreprises**
- Bouclage du modèle
- Dynamique du modèle
- Réécriture en écart de production
- La politique monétaire optimale

## 2 Le modèle Smets-Wouters

## 3 Extensions principales

## 4 Conclusion

# Technologie de production, demande et prix

- Technologie de l'entreprise  $i$  :

$$Y_t(i) = A_t N_t(i)^{1-\alpha}$$

où  $A_t$  est la productivité totale des facteurs

- Demande adressée à l'entreprise  $i$  :

$$Y_t(i) = \left( \frac{P_t(i)}{P_t} \right)^{-\varepsilon} C_t$$

avec  $C_t$  et  $P_t$  donnés (entreprise infinitésimale)

- Décision sur le prix  $P_t(i)$
- Prix rigides à la Calvo : probabilité  $1 - \theta$  (par période) de pouvoir modifier le prix  $P_t(i)$

# Dynamique de l'indice de prix agrégé

$$\Pi_t^{1-\varepsilon} = \theta + (1 - \theta) \left( \frac{P_t^*}{P_{t-1}} \right)^{1-\varepsilon}$$

où :

- $\Pi_t = \frac{P_t}{P_{t-1}}$  : inflation (brute)
- $P_t^*$  : prix choisi par les entreprises qui réoptimisent

Version log-linéarisée :

$$\pi_t = (1 - \theta)(p_t^* - p_{t-1})$$

où  $\pi_t = \log \Pi_t$  est le taux d'inflation

# Programme

Pour une entreprise qui peut changer son prix en  $t$

$$\max_{P_t^*} \sum_{k=0}^{\infty} \theta^k \mathbb{E}_t \left\{ \Lambda_{t,t+k} \underbrace{\left[ P_t^* Y_{t+k|t} - \Psi_{t+k}(Y_{t+k|t}) \right]}_{\text{Profit en } t+k} \right\}$$

avec :

- Demande adressée :

$$Y_{t+k|t} = \left( \frac{P_t^*}{P_{t+k}} \right)^{-\varepsilon} C_{t+k}$$

- Facteur d'escompte stochastique :

$$\Lambda_{t,t+k} = \beta^k \left( \frac{C_{t+k}}{C_t} \right)^{-\sigma} \frac{P_t}{P_{t+k}}$$

- Fonction de cout :  $\Psi_{t+k}(Y_{t+k|t})$

# Condition d'optimalité

$$\sum_{k=0}^{\infty} \theta^k \mathbb{E}_t \left\{ \Lambda_{t,t+k} Y_{t+k|t} (P_t^* - \mathcal{M} \psi_{t+k|t}) \right\} = 0$$

où :

- $\mathcal{M} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}$  : ratio de marge souhaité
- $\psi_{t+k|t} = \Psi'_{t+k}(Y_{t+k|t})$  : cout marginal

Cas particulier sans rigidités nominales ( $\theta = 0$ ) :

$$P_t^* = \mathcal{M} \psi_{t|t}$$

# Courbe de Phillips

Condition d'optimalité log-linéarisée et réarrangée :

$$\pi_t = \beta \mathbb{E}_t \pi_{t+1} + \lambda \widehat{mc}_t$$

où  $\lambda = \frac{(1-\theta)(1-\beta\theta)(1-\alpha)}{\theta(1-\alpha+\alpha\varepsilon)} > 0$  et où la (log-déviat) du cout marginal moyen de l'économie est :

$$\widehat{mc}_t = \left( \sigma + \frac{\phi + \alpha}{1 - \alpha} \right) \hat{y}_t - \frac{1 + \phi}{1 - \alpha} \hat{a}_t$$

Peut encore se réécrire :

$$\pi_t = \beta \mathbb{E}_t \pi_{t+1} + \kappa \hat{y}_t - \zeta \hat{a}_t$$

où  $\kappa = \lambda \left( \sigma + \frac{\phi + \alpha}{1 - \alpha} \right) > 0$  et  $\zeta = \lambda \frac{1 + \phi}{1 - \alpha} > 0$

# Plan

## 1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire

- Le ménage représentatif
- Les entreprises
- **Bouclage du modèle**
- Dynamique du modèle
- Réécriture en écart de production
- La politique monétaire optimale

## 2 Le modèle Smets-Wouters

## 3 Extensions principales

## 4 Conclusion

# Équilibre sur le marché des biens

Pour chaque bien différencié  $i$  :

$$C_t(i) = Y_t(i)$$

Production agrégée :

$$Y_t = \left( \int_0^1 Y_t(i)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} di \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}$$

D'où :

$$C_t = Y_t$$

L'équation d'Euler devient la **courbe IS dynamique** :

$$\hat{y}_t = \mathbb{E}_t \hat{y}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (i_t - \mathbb{E}_t \pi_{t+1} - \rho)$$

# Équilibre sur le marché du travail

$$\begin{aligned} N_t &= \int_0^1 N_t(i) \, di \\ &= \int_0^1 \left( \frac{Y_t(i)}{A_t} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \, di \\ &= \left( \frac{Y_t}{A_t} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \int_0^1 \left( \frac{P_t(i)}{P_t} \right)^{-\frac{\varepsilon}{1-\alpha}} \, di \end{aligned}$$

S'approxime en :

$$\hat{y}_t = \hat{a}_t + (1 - \alpha)\hat{n}_t$$

# Politique monétaire

Modèle bouclé avec une règle de Taylor :

$$i_t = \rho + \phi_\pi \pi_t + \phi_y \hat{y}_t + \nu_t$$

où  $\nu_t$  est le choc de politique monétaire

# Récapitulatif

- Courbe IS dynamique

$$\hat{y}_t = \mathbb{E}_t \hat{y}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (i_t - \mathbb{E}_t \pi_{t+1} - \rho)$$

- Courbe de Phillips

$$\pi_t = \beta \mathbb{E}_t \pi_{t+1} + \kappa \hat{y}_t - \zeta \hat{a}_t$$

- Règle de Taylor

$$i_t = \rho + \phi_\pi \pi_t + \phi_y \hat{y}_t + \nu_t$$

- Chocs

$$\hat{a}_t = \rho_a \hat{a}_{t-1} + \varepsilon_t^a$$

$$\nu_t = \rho_\nu \nu_{t-1} + \varepsilon_t^i$$

- Marché du travail

$$\hat{y}_t = \hat{a}_t + (1 - \alpha) \hat{n}_t$$

# Plan

## 1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire

- Le ménage représentatif
- Les entreprises
- Bouclage du modèle
- **Dynamique du modèle**
- Réécriture en écart de production
- La politique monétaire optimale

## 2 Le modèle Smets-Wouters

## 3 Extensions principales

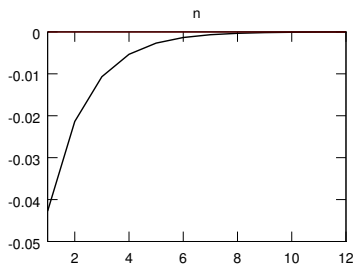
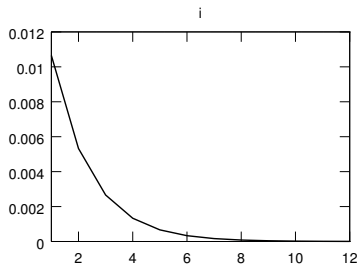
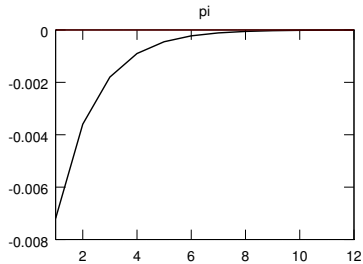
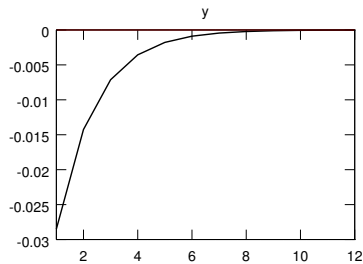
## 4 Conclusion

# Calibration

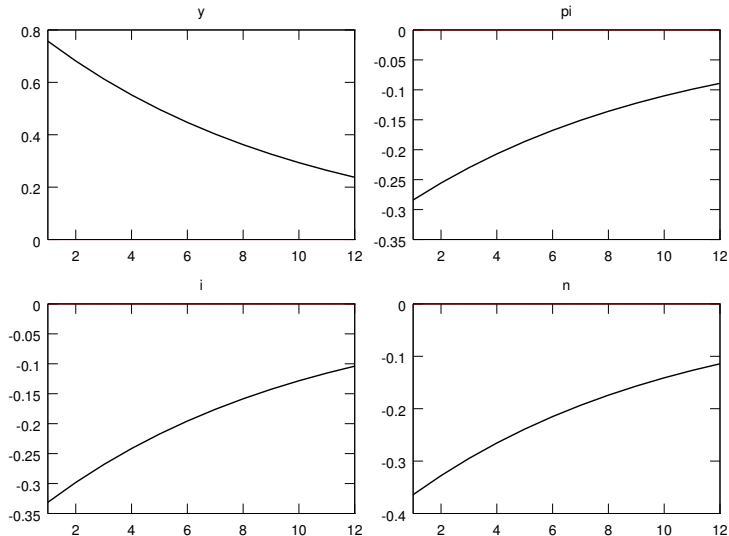
En trimestriel

Paramètre	Valeur	Cible
$\sigma$	1	Élasticité de substitution intertemporelle unitaire
$\varphi$	1	Élasticité de Frisch unitaire
$\beta$	0.99	Taux d'intérêt réel annuel de 4%
$\alpha$	1/3	Part des revenus du capital dans la VA
$\varepsilon$	6	Marge de 20%
$\theta$	2/3	Durée des prix de 3 trimestres
$\phi_\pi$	1.5	Principe de Taylor
$\phi_y$	0.5/4	
$\rho_a$	0.9	
$\rho_\nu$	0.5	

# Choc de politique monétaire



# Choc de productivité



# Les anticipations rationnelles

## Hypothèses

# Les anticipations rationnelles

## Hypothèses

- 1 les agents sont parfaitement rationnels

# Les anticipations rationnelles

## Hypothèses

- ① les agents sont parfaitement rationnels
- ② les agents connaissent le modèle

# Les anticipations rationnelles

## Hypothèses

- ① les agents sont parfaitement rationnels
- ② les agents connaissent le modèle
- ③ les agents observent toutes les variables courantes et passées

# Les anticipations rationnelles

## Hypothèses

- ① les agents sont parfaitement rationnels
- ② les agents connaissent le modèle
- ③ les agents observent toutes les variables courantes et passées
- ④ ceci est une connaissance commune : les agents savent que les autres savent, ils savent que les autres savent qu'ils savent, ...

# Les anticipations rationnelles

## Hypothèses

- ① les agents sont parfaitement rationnels
- ② les agents connaissent le modèle
- ③ les agents observent toutes les variables courantes et passées
- ④ ceci est une connaissance commune : les agents savent que les autres savent, ils savent que les autres savent qu'ils savent, ...

⇒ les anticipations des agents sont la meilleure prédiction du futur, étant donnée la connaissance du modèle et des données

# Conditions de stabilité

- La solution d'un modèle à anticipations rationnelles n'est jamais unique
- Mais sous certaines conditions (Blanchard et Kahn, 1980), il y a une unique solution non explosive (les autres solutions ont des bulles)
- Dans ce modèle, cette condition est :

$$\kappa(\phi_{\pi} - 1) + (1 - \beta)\phi_y > 0$$

- Principe de Taylor :  $\phi_{\pi} > 1$  est suffisant

# Plan

## 1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire

- Le ménage représentatif
- Les entreprises
- Bouclage du modèle
- Dynamique du modèle
- Réécriture en écart de production
- La politique monétaire optimale

## 2 Le modèle Smets-Wouters

## 3 Extensions principales

## 4 Conclusion

# Courbes IS et Phillips en écart de production

- On considère le modèle sans frictions nominales ( $\theta = 0$ ) :

$\hat{y}_t^n$  production (en log-déviations)

$r_t^n$  taux d'intérêt réel (indépendant de la politique monétaire)

- Écart de production :  $\tilde{y}_t = \hat{y}_t - \hat{y}_t^n$
- La courbe IS devient :

$$\tilde{y}_t = \mathbb{E}_t \tilde{y}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (i_t - \mathbb{E}_t \pi_{t+1} - r_t^n)$$

où  $r_t^n = \rho + \sigma \psi_{ya}^n \mathbb{E}_t \{\Delta \hat{a}_{t+1}\}$  avec  $\psi_{ya}^n = \frac{1+\varphi}{\sigma(1-\alpha)+\varphi+\alpha}$

- La courbe de Phillips devient :

$$\pi_t = \beta \mathbb{E}_t \pi_{t+1} + \kappa \tilde{y}_t$$

# Récapitulatif

- Courbe IS dynamique

$$\tilde{y}_t = \mathbb{E}_t \tilde{y}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (i_t - \mathbb{E}_t \pi_{t+1} - r_t^n)$$

- Courbe de Phillips

$$\pi_t = \beta \mathbb{E}_t \pi_{t+1} + \kappa \tilde{y}_t$$

- Règle de Taylor

$$i_t = \rho + \phi_\pi \pi_t + \phi_y \tilde{y}_t + \nu_t$$

- Taux d'intérêt réel naturel

$$r_t^n = \rho + \sigma \psi_{ya}^n \mathbb{E}_t \{ \Delta \hat{a}_{t+1} \}$$

- Chocs

$$\hat{a}_t = \rho_a \hat{a}_{t-1} + \varepsilon_t^a$$

$$\nu_t = \rho_\nu \nu_{t-1} + \varepsilon_t^i$$

# Plan

## 1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire

- Le ménage représentatif
- Les entreprises
- Bouclage du modèle
- Dynamique du modèle
- Réécriture en écart de production
- La politique monétaire optimale

## 2 Le modèle Smets-Wouters

## 3 Extensions principales

## 4 Conclusion

# Sources d'inefficacité dans le modèle

- Inefficacité commune aux deux modèles (prix flexibles comme rigides) :
  - Les marges souhaitées des entreprises agissent comme une taxe sur les salaires et découragent le travail
  - S'élimine avec une subvention sur les salaires
  - Subvention supposée en place  
⇒ modèle flexible = optimum de premier rang

# Sources d'inefficacité dans le modèle

- Inefficacité commune aux deux modèles (prix flexibles comme rigides) :
  - Les marges souhaitées des entreprises agissent comme une taxe sur les salaires et découragent le travail
  - S'élimine avec une subvention sur les salaires
  - Subvention supposée en place  
⇒ modèle flexible = optimum de premier rang
- Inefficacités spécifiques au modèle à prix rigides :
  - Écart entre les marges souhaitées et les marges réalisées (dû aux rigidités nominales)
  - Dispersion des prix (due aux ajustements de prix non synchronisés)

# La politique optimale

- Il faut maintenir l'écart de production à zéro (ce qui ne veut pas dire minimiser les fluctuations du PIB)

# La politique optimale

- Il faut maintenir l'écart de production à zéro (ce qui ne veut pas dire minimiser les fluctuations du PIB)
- Équivalent à stabiliser les prix : **divine coïncidence !**

# La politique optimale

- Il faut maintenir l'écart de production à zéro (ce qui ne veut pas dire minimiser les fluctuations du PIB)
- Équivalent à stabiliser les prix : **divine coïncidence !**
- La politique monétaire suffit pour obtenir l'optimum. . .

# La politique optimale

- Il faut maintenir l'écart de production à zéro (ce qui ne veut pas dire minimiser les fluctuations du PIB)
- Équivalent à stabiliser les prix : **divine coïncidence !**
- La politique monétaire suffit pour obtenir l'optimum. . .
- . . . et elle n'a pas besoin de chercher explicitement à fermer l'écart de production : lutter contre l'inflation suffit

# La politique optimale

- Il faut maintenir l'écart de production à zéro (ce qui ne veut pas dire minimiser les fluctuations du PIB)
- Équivalent à stabiliser les prix : **divine coïncidence !**
- La politique monétaire suffit pour obtenir l'optimum. . .
- . . . et elle n'a pas besoin de chercher explicitement à fermer l'écart de production : lutter contre l'inflation suffit
- Résultat très spécifique : disparaît avec des rigidités réelles, ou des rigidités nominales sur salaires  
⇒ le compromis inflation/PIB réapparaît

# Plan

1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire

2 Le modèle Smets-Wouters

- Vue d'ensemble
- Équations log-linéarisées
- Confrontation aux données

3 Extensions principales

4 Conclusion

# Plan

## 1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire

## 2 Le modèle Smets-Wouters

- Vue d'ensemble
- Équations log-linéarisées
- Confrontation aux données

## 3 Extensions principales

## 4 Conclusion

# Agents

- Ménages (continuum)
  - consomment, travaillent
  - ont accès à un actif financier sans risque
  - sont en concurrence monopolistique sur le marché du travail. . .
  - . . . mais font face à une rigidité sur le salaire demandé
  - détiennent le capital et le louent aux entreprises
  - prennent les décisions d'investissement et de taux d'utilisation du capital
- Entreprises (continuum)
  - produisent un bien homogène à partir du travail et du capital
  - sont en concurrence monopolistique
  - font face à une rigidité sur les prix de vente
- Gouvernement et banque centrale
  - pas de politique fiscale (taxe forfaitaire implicite)
  - dépenses publiques exogènes
  - règle de Taylor pour le taux d'intérêt
- Économie fermée

# Rigidités

- Nominales
  - sur les prix
  - sur les salaires
- Réelles
  - cout d'ajustement sur l'investissement
  - cout sur le taux d'utilisation du capital
  - formation d'habitude sur la consommation

# Chocs

- De demande
  - préférence pour le présent
  - cout d'ajustement de l'investissement
  - prime de financement externe des entreprises
  - dépenses publiques
  - cible d'inflation
  - déviation à la règle de Taylor
- D'offre
  - productivité
  - désutilité du travail
  - marge sur le marché du travail
  - marge sur le marché des biens

# Plan

## 1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire

## 2 Le modèle Smets-Wouters

- Vue d'ensemble
- Équations log-linéarisées
- Confrontation aux données

## 3 Extensions principales

## 4 Conclusion

# Équation d'Euler

Arbitrage de consommation intertemporel

$$C_t = \frac{h}{1+h} C_{t-1} + \frac{h}{1+h} \mathbb{E}_t C_{t+1} - \frac{1-h}{(1+h)\sigma_c} (R_t - \mathbb{E}_t \pi_{t+1}) \\ + \frac{1-h}{(1+h)\sigma_c} (\varepsilon_t^b - \mathbb{E}_{t+1} \varepsilon_{t+1}^b)$$

$h$  Habitude de consommation

$\sigma_c$  Inverse de l'élasticité de substitution intertemporelle

$\varepsilon_t^b$  Choc de préférence pour le présent

# Décision d'investissement

$$I_t = \frac{1}{1+\beta} I_{t-1} + \frac{\beta}{1+\beta} \mathbb{E}_t I_{t+1} + \frac{\varphi}{1+\beta} Q_t - \frac{\beta \mathbb{E}_t \varepsilon'_{t+1} - \varepsilon'_t}{1+\beta}$$

$\beta$  Facteur d'escompte

$\varphi$  Paramètre fonction du cout d'ajustement ( $+\infty$  si pas de cout)

$Q_t$  Q de Tobin (marginal)

$\varepsilon'_t$  Choc sur le cout d'ajustement

# Q de Tobin

$$Q_t = -(R_t - \mathbb{E}_t \pi_{t+1}) + \frac{1 - \tau}{1 - \tau + \bar{r}^k} \mathbb{E}_t Q_{t+1} + \frac{\bar{r}^k}{1 - \tau + \bar{r}^k} \mathbb{E}_t r_{t+1}^k + \eta_t^Q$$

$\tau$  Taux de dépréciation du capital

$r_t^k$  Rendement du capital

$\eta_t^Q$  Prime de financement externe

# Courbe de Phillips

$$\pi_t = \frac{\beta}{1 + \beta\gamma_p} \mathbb{E}_t \pi_{t+1} + \frac{\gamma_p}{1 + \beta\gamma_p} \pi_{t-1} + \frac{1}{1 + \beta\gamma_p} \frac{(1 - \beta\xi_p)(1 - \xi_p)}{\xi_p} \underbrace{[\alpha r_t^k + (1 - \alpha)w_t - \varepsilon_t^a + \eta_t^p]}_{\text{Cout marginal}}$$

$\xi_p$  Rigidité des prix

$\gamma_p$  Degré d'ajustement sur l'inflation passée

$\varepsilon_t^a$  Choc de productivité

$\eta_t^p$  Choc de marge sur les prix

# Équation de salaire

$$\begin{aligned}
 w_t = & \frac{\beta}{1+\beta} \mathbb{E}_t w_{t+1} + \frac{1}{1+\beta} w_{t-1} + \frac{\beta}{1+\beta} \mathbb{E}_t \pi_{t+1} - \frac{1+\beta\gamma_w}{1+\beta} \pi_t \\
 & + \frac{\gamma_w}{1+\beta} \pi_{t-1} - \frac{(1-\beta\xi_w)(1-\xi_w)}{(1+\beta) \left(1 + \frac{(1+\lambda_w)\sigma_L}{\lambda_w}\right) \xi_w} \\
 & \times \underbrace{\left[ w_t - \sigma_L L_t - \frac{\sigma_c}{1-h} (C_t - hC_{t-1}) - \varepsilon_t^L - \eta_t^w \right]}_{\text{Arbitrage consommation/loisir sans frictions nominales}}
 \end{aligned}$$

$\xi_w$  Rigidité des salaires

$\gamma_w$  Degré d'ajustement sur l'inflation des salaires passée

$\lambda_w$  Marge moyenne sur les salaires

$\eta_t^w$  Choc sur la marge

$\sigma_L$  Inverse de l'élasticité de Frisch

$\varepsilon_t^L$  Choc de désutilité du travail

# Demande de travail

## Arbitrage entre facteurs de production

$$L_t = -w_t + (1 + \psi)r_t^k + K_{t-1}$$

$\psi$  Inverse de l'élasticité de la fonction de cout d'utilisation du capital

# Équilibres comptables

## Accumulation du capital

$$K_t = (1 - \tau) K_{t-1} + \tau I_{t-1}$$

## Équilibre du marché des biens

$$Y_t = (1 - \tau k_y - g_y) C_t + \tau k_y I_t + g_y \varepsilon_t^G$$

$k_y$  Ratio capital/PIB à l'état stationnaire

$g_y$  Ratio dépenses publiques/PIB à l'état stationnaire

$\varepsilon_t^G$  Choc de dépenses publiques

# Règle de Taylor

$$R_t = \rho R_{t-1} + (1 - \rho) [\bar{\pi}_t + r_\pi(\pi_{t-1} - \bar{\pi}_t) + r_Y(Y_t - Y_t^p)] \\ + r_{\Delta\pi}(\pi_t - \pi_{t-1}) + r_{\Delta Y}[(Y_t - Y_t^p) - (Y_{t-1} - Y_{t-1}^p)] + \eta_t^R$$

$\rho$  Inertie du taux d'intérêt

$\bar{\pi}_t$  Cible d'inflation (soumise à un choc)

$Y_t^p$  PIB potentiel, c.-à-d. le PIB du modèle sans frictions nominales et sans les chocs de marge

$\eta_t^R$  Choc de déviation à la règle monétaire

# Plan

## 1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire

## 2 Le modèle Smets-Wouters

- Vue d'ensemble
- Équations log-linéarisées
- Confrontation aux données

## 3 Extensions principales

## 4 Conclusion

# Estimation bayésienne

- Combine :
  - de l'information provenant de l'économètre (distribution *a priori* sur les paramètres)
  - de l'information provenant des données
- Cas polaires :
  - calibration : pas d'information extraite des données (distribution *a priori* = masse de Dirac)
  - estimation classique : pas d'information de l'économètre (distribution *a priori* uniforme)
- Résultat : distribution *a posteriori* sur les paramètres ( $\propto$  vraisemblance  $\times$  distribution *a priori*)
- Vraisemblance calculée avec un filtre de Kalman sur la forme réduite du modèle
- Permet de reconstituer un historique des chocs

# Application au modèle Smets-Wouters

- Sur données zone Euro
- De 1980T2 à 1999T4
- Sept observables :
  - PIB (en volume)
  - consommation (en volume)
  - investissement (en volume)
  - déflateur du PIB
  - salaires réels
  - emploi
  - taux d'intérêt nominal
- Estimation sur données hors tendance  
⇒ 4 paramètres déterminant l'état stationnaire sont non identifiables, donc calibrés
- 32 paramètres estimés

# Résultats choisis

- Durée moyenne des salaires : 1 an
- Durée moyenne des prix : 2 années  $\frac{1}{2}$
- Équations de prix et salaires : la composante tournée vers le futur domine
- Élasticité de substitution intertemporelle :  $1/1.35 \simeq 0.74$
- Habitude de consommation : 57%
- Élasticité de Frisch :  $1/2.4 \simeq 0.42$
- Élasticité-prix de l'investissement : 0.2
- Principe de Taylor vérifié
- Inertie importante dans le taux d'intérêt

# Performance empirique

- Pouvoir prédictif (dans l'échantillon) du modèle SW proche d'un VAR(1) ou VAR(2), mais inférieur au VAR(3)

# Performance empirique

- Pouvoir prédictif (dans l'échantillon) du modèle SW proche d'un VAR(1) ou VAR(2), mais inférieur au VAR(3)
- SW proche des meilleurs VAR et BVAR en vraisemblance marginale
  - $\text{VAR}(1) > \text{SW} > \text{VAR}(2) \gg \text{VAR}(3)$
  - $\text{BVAR}(3) > \text{BVAR}(2) > \text{SW} \gg \text{BVAR}(1)$

# Performance empirique

- Pouvoir prédictif (dans l'échantillon) du modèle SW proche d'un VAR(1) ou VAR(2), mais inférieur au VAR(3)
- SW proche des meilleurs VAR et BVAR en vraisemblance marginale
  - $\text{VAR}(1) > \text{SW} > \text{VAR}(2) \gg \text{VAR}(3)$
  - $\text{BVAR}(3) > \text{BVAR}(2) > \text{SW} \gg \text{BVAR}(1)$
- Corrélations croissées et autocorrélations des 7 variables :
  - SW généralement proche des données, mais...
  - ...  $\rho(R_t, \cdot)$  incorrectes,  $\sigma(R_t)$  trop faible
  - ...  $\rho(R_t, Y_{t+k})$  et  $\rho(R_t, \pi_{t+k})$  pas assez négatifs
  - ...  $\rho(Y_t, R_{t+k})$  sous-estimée

# Décomposition de la variance

- Contributions à la variance du PIB :
  - à court terme : chocs de préférence et de dépenses publiques
  - à moyen/long terme : chocs d'offre de travail et de politique monétaire
  - peu d'influence du choc de productivité

# Décomposition de la variance

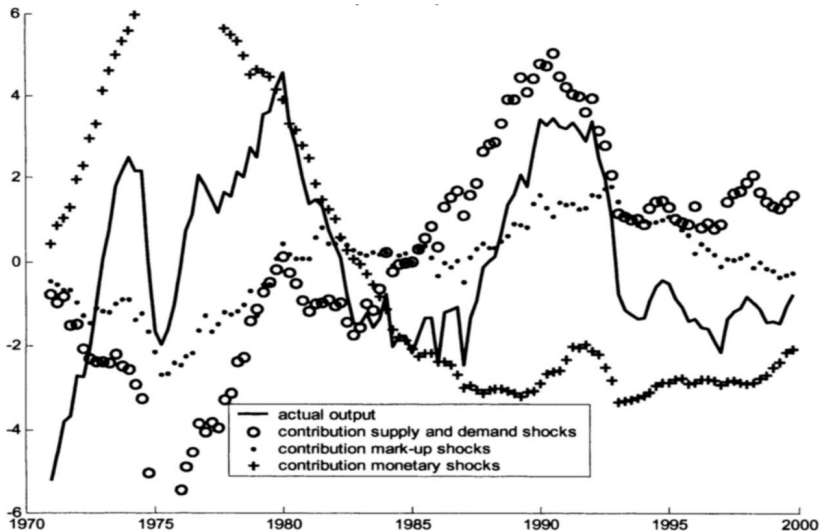
- Contributions à la variance du PIB :
  - à court terme : chocs de préférence et de dépenses publiques
  - à moyen/long terme : chocs d'offre de travail et de politique monétaire
  - peu d'influence du choc de productivité
- Contributions à la variance de l'inflation :
  - essentiellement le choc de marge sur les prix
  - à moyen/long terme, le choc de politique monétaire aussi important

# Décomposition de la variance

- Contributions à la variance du PIB :
  - à court terme : chocs de préférence et de dépenses publiques
  - à moyen/long terme : chocs d'offre de travail et de politique monétaire
  - peu d'influence du choc de productivité
- Contributions à la variance de l'inflation :
  - essentiellement le choc de marge sur les prix
  - à moyen/long terme, le choc de politique monétaire aussi important
- Contributions au taux d'intérêt : surtout chocs de préférence, d'offre de travail et de productivité

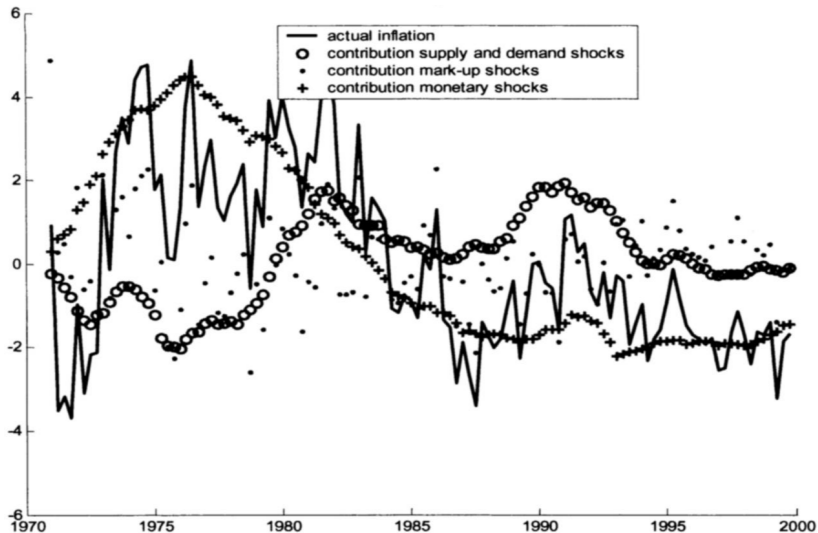
# Décomposition historique

## Pour le PIB



# Décomposition historique

## Pour l'inflation



# Plan

1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire

2 Le modèle Smets-Wouters

3 Extensions principales

- Chômage involontaire
- Frictions financières
- Politique budgétaire
- En bref

4 Conclusion

# Plan

- 1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire
- 2 Le modèle Smets-Wouters
- 3 Extensions principales
  - Chômage involontaire
  - Frictions financières
  - Politique budgétaire
  - En bref
- 4 Conclusion

# Insuffisance du modèle d'offre de travail

- Qualitativement correct pour expliquer les heures travaillées dans le cycle. . .

# Insuffisance du modèle d'offre de travail

- Qualitativement correct pour expliquer les heures travaillées dans le cycle. . .
- . . . mais quantitativement rejeté par les données :  
dans le modèle élémentaire, sur-réaction du salaire,  
sous-réaction de l'emploi

# Insuffisance du modèle d'offre de travail

- Qualitativement correct pour expliquer les heures travaillées dans le cycle. . .
  - . . . mais quantitativement rejeté par les données :  
dans le modèle élémentaire, sur-réaction du salaire,  
sous-réaction de l'emploi
  - Résolution du problème par Smets-Wouters :
    - pouvoir de marché des salariés contracyclique
    - rigidité salariale (non micro-fondée, non Pareto-optimale)
- ⇒ contestable

# Insuffisance du modèle d'offre de travail

- Qualitativement correct pour expliquer les heures travaillées dans le cycle. . .
  - . . . mais quantitativement rejeté par les données : dans le modèle élémentaire, sur-réaction du salaire, sous-réaction de l'emploi
  - Résolution du problème par Smets-Wouters :
    - pouvoir de marché des salariés contracyclique
    - rigidité salariale (non micro-fondée, non Pareto-optimale)
- ⇒ contestable
- En outre, il y a clairement du chômage involontaire au salaire de marché !

# Recherche et appariement (*search and matching*)

Le modèle Diamond-Mortensen-Pissarides

- Évolution du nombre d'emplois :

$$n_{t+1} = \underbrace{M(u_t, v_t)}_{\text{Nouveaux emplois}} + (1 - \delta)n_t$$

$u_t$  nombre de chômeurs ( $u_t = L_t - n_t$ )

$v_t$  nombre de postes à pourvoir

$\delta$  taux de séparation exogène constant

- Technologie d'appariement  $M(u_t, v_t)$  à rendements constants  
 $\Rightarrow$  Indicateur des conditions de marché : ratio  $v_t/u_t$
- Effort de recrutement des firmes couteux
- Salaire déterminé par négociation à la Nash

# Critique de Shimer et solution de Hall

- Le modèle DMP explique l'existence du chômage involontaire. . .

# Critique de Shimer et solution de Hall

- Le modèle DMP explique l'existence du chômage involontaire. . .
- . . . mais génère trop peu de fluctuations de celui-ci : aggravation du problème du modèle sans frictions !

# Critique de Shimer et solution de Hall

- Le modèle DMP explique l'existence du chômage involontaire. . .
- . . . mais génère trop peu de fluctuations de celui-ci : aggravation du problème du modèle sans frictions !
- Intuition : les frictions à l'embauche freinent les évolutions du chômage

# Critique de Shimer et solution de Hall

- Le modèle DMP explique l'existence du chômage involontaire. . .
- . . . mais génère trop peu de fluctuations de celui-ci : aggravation du problème du modèle sans frictions !
- Intuition : les frictions à l'embauche freinent les évolutions du chômage
- Solution : abandonner Nash pour des salaires rigides
  - ajustement fort sur les quantités, c.-à-d. l'emploi
  - rigidité compatible avec Pareto-optimalité

# Plan

- 1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire
- 2 Le modèle Smets-Wouters
- 3 Extensions principales
  - Chômage involontaire
  - Frictions financières
  - Politique budgétaire
  - En bref
- 4 Conclusion

# Agents soumis à contrainte de liquidité

- Certains ménages sans accès au système financier (ni épargne ni emprunt)
- Consomment tout leur revenu, pas d'optimisation intertemporelle
- Mécanisme d'amplification des chocs de demande  
⇒ augmente multiplicateurs budgétaires

# Accélérateur financier

À la Kiyotaki et Moore (1997)

- Contrainte de nantissement des prêts : **plafond de dette** lié à un collatéral (typiquement immobilier)
- Deux sources de variation du plafond : prix du collatéral, ratio prêt/valeur (*loan-to-value*)
- Baisse du plafond  
⇒ récession par désendettement ("*deleveraging recession*")
- Amplification des chocs de demande : demande  $\nearrow \Rightarrow$  prix  $\nearrow$   
 $\Rightarrow$  collatéral  $\nearrow$  + dette  $\searrow \Rightarrow$  demande  $\nearrow$
- Atténuation des chocs d'offre
- Corrélation positive prix des actifs / consommation
- Trappe à liquidité  
 $\Rightarrow$  cercle vicieux de déflation de la dette à la Fisher

# Accélérateur financier

À la Bernanke, Gertler et Gilchrist (1999)

- Entrepreneurs avec des projets risqués (défaut possible)
- Besoin de financement externe
- Présence d'intermédiaires financiers (banques)
- **Asymétrie d'information** : les banques n'observent pas le rendement du projet ni l'utilisation des fonds
- Audit *ex post* couteux, ce qui justifie la prime de financement externe
- Contrat optimal : taux et quantité de crédit fonction de la richesse nette de l'entrepreneur
- Accélérateur :  
activité  $\searrow \Rightarrow$  richesse nette  $\searrow \Rightarrow$  crédit  $\searrow \Rightarrow$  activité  $\searrow$

# Plan

1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire

2 Le modèle Smets-Wouters

3 Extensions principales

- Chômage involontaire
- Frictions financières
- Politique budgétaire
- En bref

4 Conclusion

# Instruments et règle fiscale

- Taxes possibles :
  - consommation (TVA)
  - revenus du capital
  - revenus du travail
  - forfaitaire
- Dépenses :
  - transferts
  - assurance chômage
  - consommation publique
  - investissement public productif
  - fonctionnaires
- Règle fiscale : stabilisation de la dette à long-terme

# Ingrédients non-Ricardiens

Par ordre croissant d'importance

- Taxes distorsives (consommation, travail, capital)
- Agents soumis à une contrainte de liquidité
- Modèles à générations imbriquées :
  - Productivité individuelle du travail décroissante dans le temps  
⇒ impact plus faible des hausses futures de taxe sur le travail
  - Agents à durée de vie finie  
⇒ facteur d'escompte subjectif plus élevé

# Multiplicateurs budgétaires

Stimulus sur 2 ans, politique monétaire accommodante, moyenne sur 9 modèles

	États-Unis	Europe
Investissement public	1.59	1.48
Consommation publique	1.55	1.52
Transferts ciblés	1.30	1.12
Taxe sur consommation	0.61	0.66
Transferts non ciblés	0.42	0.29
Taxe sur profits	0.24	0.15
Taxe sur salaires	0.23	0.53

Source : Coenen *et al.* (2012)

# Plan

1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire

2 Le modèle Smets-Wouters

3 Extensions principales

- Chômage involontaire
- Frictions financières
- Politique budgétaire
- En bref

4 Conclusion

# Autres extensions

- Agents hétérogènes

# Autres extensions

- Agents hétérogènes
- Rationalité limitée (processus d'apprentissage)

## Autres extensions

- Agents hétérogènes
- Rationalité limitée (processus d'apprentissage)
- Système bancaire

## Autres extensions

- Agents hétérogènes
- Rationalité limitée (processus d'apprentissage)
- Système bancaire
- Politique énergétique et environnementale (taxe carbone)

# Autres extensions

- Agents hétérogènes
- Rationalité limitée (processus d'apprentissage)
- Système bancaire
- Politique énergétique et environnementale (taxe carbone)
- Défaut endogène sur la dette

# Autres extensions

- Agents hétérogènes
- Rationalité limitée (processus d'apprentissage)
- Système bancaire
- Politique énergétique et environnementale (taxe carbone)
- Défaut endogène sur la dette
- Changement de régime markovien

# Plan

- 1 Le modèle nouveau keynésien élémentaire
- 2 Le modèle Smets-Wouters
- 3 Extensions principales
- 4 Conclusion**

# Bilan

## Atouts

- Cadre théorique clairement défini
- Bien adapté à l'analyse quantitative
- Confronté aux données, bonnes propriétés statistiques
- Richesse des exercices en variante

# Bilan

## Atouts

- Cadre théorique clairement défini
- Bien adapté à l'analyse quantitative
- Confronté aux données, bonnes propriétés statistiques
- Richesse des exercices en variante

## Faiblesses

- Insuffisant sur les crises financières
- Dynamique trop simple (retour automatique à l'équilibre)
- Prescriptions normatives souvent caricaturales
- Complexité de l'outil

# Bibliographie



Jordi Galí

*Monetary policy, inflation, and the business cycle : an introduction to the new Keynesian framework*

Princeton University Press, 2008



Lawrence J. Christiano, Martin Eichenbaum, Charles L. Evans

*Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy*

Journal of Political Economy, 113(1), 2005



Frank Smets, Raf Wouters

*An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area*

Journal of the European Economic Association, 1(5), 2003

# Bibliographie (suite)



Robert Shimer

*Labor Markets and Business Cycles*

Princeton University Press, 2010



Eleni Iliopoulos, Thepthida Sopraseuth

*L'intermédiation financière dans l'analyse macroéconomique :  
le défi de la crise*

Économie et Statistique, 451(1), 2012



Coenen *et al.*

*Effects of Fiscal Stimulus in Structural Models*

American Economic Journal : Macroeconomics, 4(1), 2012

Merci pour votre attention !

Des questions ?



Copyright © 2015 Sébastien Villemot  
Sous licence Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0