

Comment s'enchaînent croissance et crise ?

Paul De Grauwe¹

Prisme N° 22

Octobre 2011

¹ Paul De Grauwe est professeur d'économie internationale à l'Université de Louvain et chercheur au *Centre for European Policy Studies* à Bruxelles. Il dirige le réseau de recherche *Monnaie, macro et finance internationale* du CESifo à l'Université de Munich.

Résumé

Le capitalisme se caractérise par des phases d'expansions suivies de récessions. Des périodes de forte croissance de la production alternent avec des phases de déclin de la croissance. Les théories macroéconomiques peinent à saisir les mécanismes de ces mouvements conjoncturels endémiques. Deux paradigmes tentent d'expliquer ces phases d'expansion et de récession : le premier est celui du modèle d'Equilibre général dynamique stochastique (DSEG) dans lequel les capacités cognitives des agents sont illimitées. Le second est celui du modèle comportemental dans lequel les agents sont dotés de capacités cognitives limitées. De ces deux types de modèles découlent des dynamiques macroéconomiques radicalement différentes. Ce Prisme analyse ces différences et présente l'incidence de ces deux paradigmes sur l'action des gouvernements.

Sommaire

1. Introduction	9
2. Un modèle macroéconomique comportemental.....	12
2.1 Le modèle.....	13
2.2 Calibrage du modèle	21
3. Esprits animaux, apprentissage et oubli	22
4. Deux théories différentes du cycle conjoncturel.....	27
5. Rôle de la stabilisation de la production.....	34
6. Multiplicateurs de la politique budgétaire : état de nos connaissances.....	38
7. Conclusion.....	43
Références.....	46
Annexe : valeurs des paramètres du modèle calibré	48

1. Introduction

Dans l'histoire du capitalisme, les phases d'expansion suivent les phases de récession, les périodes de forte croissance de la production succèdent aux périodes de déclin de la croissance économique. Chaque théorie macroéconomique doit essayer d'expliquer ces cycles.

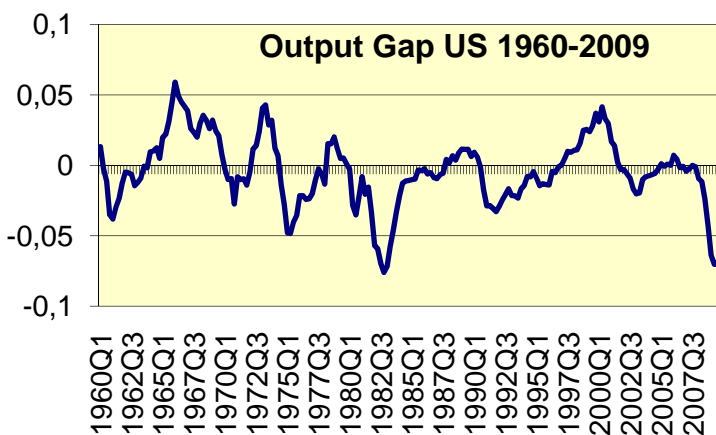
Les modèles macro-économiques dominants se contentent pourtant d'interpréter la succession de croissance et de crises comme le résultat de chocs exogènes provenant d'un environnement extérieur à la sphère économique. Il faut dire que ces modèles se fondent sur la rationalité absolue d'acteurs prétendument capables de percevoir intégralement la complexité du monde. La rationalité y prévaut, ce qui est bien confortable. Les chocs exogènes qui interviennent dérangent le confort des agents rationnels dans leur maximisation et les contraignent à changer leurs plans. L'explication dominante des cycles de crise et de croissance repose ainsi sur une théorie des cycles d'affaires qui s'apparente à une théorie des météorites. De temps en temps, une grosse astéroïde frappe la planète macroéconomique et entraîne le cataclysme des activités économiques. Cette interprétation ne convient pas. Elle laisse à d'autres disciplines le soin d'expliquer pourquoi les activités économiques peuvent fluctuer de manière violente. Les macroéconomistes devraient avoir l'ambition d'expliquer les phases d'embellie comme les phases de dépression de manière endogène. Ils devraient analyser les dynamiques qui en sont les causes à l'aide de leurs propres outils : dans ce texte, je présente ma propre démarche. J'élabore un modèle d'économie comportementale dans lequel les esprits animaux, entendus à la suite de Keynes comme caractéristiques spontanées de la nature humaine, jouent un rôle central.

Mon raisonnement se fonde que quelques faits stylisés concernant les mouvements conjoncturels de la production. La Figure 1 présente ainsi l'évolution de l'écart de production² aux États-Unis depuis 1960. On observe des mouvements conjoncturels de forte amplitude. Ces mouvements conjoncturels indiquent une forte auto-corrélation entre les chiffres de l'écart de production, c'est-à-dire que l'écart de production de la période t est fortement corrélé à celui de la période $t-1$. Cela incite à penser que s'il existe des mouvements conjoncturels, les périodes fastes et les

² L'écart de production correspond à la différence entre produit national brut réel et produit national potentiel.

périodes de vaches maigres alterneront par blocs. Un écart de production positif (négatif) a de grandes chances d'être suivi par un écart de production positif (négatif) à la période suivante. C'est ce que l'on constate pour l'écart de production aux États-Unis sur la période 1960-2009 : le coefficient d'auto-corrélation est de 0,94. On retrouve des coefficients d'auto-corrélation similaires dans d'autres pays.

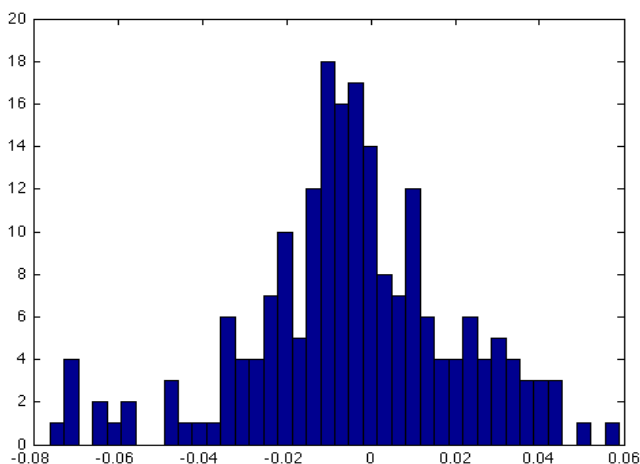
Figure 1 : Écart de production, États-Unis, 1960-2009



Source : Ministère du commerce et commission budgétaire du Congrès américain (CBO)

Un second fait stylisé concernant les variations de l'écart de production, c'est que celles-ci ne sont pas distribuées normalement, ainsi que le montre la Figure 2 pour les États-Unis. On constate, premièrement, que le coefficient d'aplatissement est trop élevé (il est de 3,62), ce qui signifie que les observations sont trop concentrées autour de la moyenne pour une distribution normale. Deuxièmement, on constate la présence de queues de distribution épaisses, ce qui indique que les variations de l'écart de production sont trop importantes pour cadrer avec une loi normale. Cela signifie en outre que si nous fondions nos prévisions sur la distribution normale, nous sous-estimerions la probabilité que survienne une hausse ou une baisse importante de l'écart de production au cours d'une période donnée. Enfin, le test de Jarque-Bera nous amène à rejeter formellement l'idée d'une normalité des variations de l'écart de production aux États-Unis.

Figure 2 : Distribution de fréquence de l'écart de production américain (1960-2009)



Source : Ministère du commerce et commission budgétaire du Congrès américain (CBO)

Coefficient d'aplatissement : 3,61

Test de Jarque-Bera : 7,17 avec une valeur p égale à 0,027

Mon intention est de comparer ici le modèle DSEG à anticipations rationnelles avec un modèle macroéconomique comportemental, c'est-à-dire un modèle dans lequel les capacités cognitives des agents sont limitées et où ces derniers n'ont pas tous les éléments (du modèle sous-jacent). Je m'interrogerai sur la façon dont ces deux modèles rendent compte de ces régularités empiriques.

Le modèle à anticipations rationnelles sera le modèle néokeynésien. Il se caractérise d'abord et avant tout par l'inertie des prix et des salaires. Il est assez connu, aussi n'est-il pas nécessaire de donner beaucoup d'explications à son propos. Le modèle comportemental étant moins connu, je consacrerai davantage de temps à son exposé. Il repose sur l'hypothèse que les agents sont limités au plan cognitif, c'est-à-dire qu'ils ne comprennent que certains pans de la totalité du modèle et déterminent leur comportement selon des règles simples. Je ferai une place à la rationalité en introduisant dans le modèle un mécanisme de sélection par lequel les agents évaluent la performance de la règle qu'ils suivent et décident de changer de

règle ou de s'y tenir en fonction des performances de cette règle par rapport à d'autres règles.

L'approche modélisatrice présentée ici n'est pas la seule pour qui veut modéliser le comportement des agents sous information imparfaite. De nombreuses publications ont même vu le jour, qui tentent d'introduire la notion d'information imparfaite dans les modèles macroéconomiques. Ces tentatives se fondent essentiellement sur l'approche de l'apprentissage statistique dont Sargent (1993), et Evans et Honkapohja (2001) furent les pionniers. Ces publications ont ouvert la voie à de nouvelles perspectives très importantes (voir par exemple Gaspar et Smets, 2006; Orphanides et Williams, 2004; Milani, 2007a; Branch et Evans, 2009). J'ai cependant l'impression que cette approche prête encore aux individus des capacités cognitives qu'ils n'ont pas dans la réalité.³

L'objectif du présent article est d'opposer la dynamique du modèle DSEG à celle du modèle comportemental, et d'en tirer des conclusions en matière de politiques publiques. Il s'inspire largement des publications récentes sur les « modèles macroéconomiques à agents multiples » (voir entre autres Howitt, 2008; Tesfatsion, 2006; LeBaron et Tesfatsion, 2008). La deuxième partie présente le « modèle comportemental ». Les parties suivantes analysent les diverses incidences du modèle comportemental comparé au modèle à anticipations rationnelles. La septième partie rend compte des observations empiriques. L'article s'achève avec une discussion portant sur certains problèmes méthodologiques.

2. Un modèle macroéconomique comportemental

On présentera dans cette partie la stratégie employée pour la modélisation. À cette fin, on proposera un modèle classique « demande globale-offre globale », auquel on ajoute une règle de Taylor. Ce que ce modèle apporte de nouveau, c'est que les agents utilisent des règles simples, une méthode heuristique, pour prévoir l'avenir. Ces règles sont soumises à un mécanisme d'apprentissage adaptatif, c'est-à-dire que les agents choisissent de manière endogène les règles de prévision qui se

³ Voir l'ouvrage fascinant de Gigerenzer et Todd (1999) sur l'usage de la simple heuristique comparé à l'apprentissage par les statistiques (la régression).

sont révélées les plus performantes (« les mieux adaptées ») par le passé. Ce mécanisme de sélection agit comme un dispositif de régulation à l'égard du type de règles qui sont acceptables. Dans la mesure où les agents ont recours à différentes méthodes heuristiques, il en résulte une hétérogénéité. Comme on le verra, cela crée des cycles conjoncturels endogènes.

Ce modèle comportemental est mis en opposition avec un modèle similaire qui intègre les anticipations rationnelles et que l'on interprète comme une version stylisée des modèles DSEG. Cette comparaison permettra de mettre au jour certaines différences fondamentales dans la transmission des chocs, notamment des chocs monétaires.

2.1 Le modèle

Il consiste en une équation de la demande agrégée, une équation de l'offre agrégée et une règle de Taylor.

L'équation de la demande globale se note de manière classique, à savoir

$$y_t = a_1 \tilde{E}_t y_{t+1} + (1 - a_1) y_{t-1} + a_2 (r_t - \tilde{E}_t \pi_{t+1}) + \varepsilon_t \quad (1)$$

où y_t correspond à l'écart de production au cours de la période t , r_t représente le taux d'intérêt nominal, π_t le taux de l'inflation et ε_t désigne une perturbation de type bruit blanc. \tilde{E}_t est l'opérateur des anticipations, le tilde qui surmonte le E représentant les anticipations qui ne sont pas formées de manière rationnelle. On précisera par la suite comment se déroule ce processus. Je me conforme à la procédure introduite dans les modèles DSEG, qui consiste à ajouter un output retardé dans l'équation de la demande. On invoque généralement la formation d'habitudes pour justifier cette introduction. Cette hypothèse sera également la mienne ici dans la mesure où mon but est de comparer le modèle comportemental au modèle DSEG à anticipations rationnelles. Cependant, je montrerai dans la quatrième partie que l'on n'a pas vraiment besoin de ce dispositif vecteur d'inertie pour générer de l'inertie dans les variables endogènes.

On peut déduire l'équation de l'offre à partir de la maximisation du profit de la part des divers producteurs. Comme dans les modèles DSEG, on applique une

règle de fixation des prix à la Calvo ainsi qu'une règle d'indexation telle qu'on en utilise pour ajuster les prix. Cela donne une variable retardée de l'inflation.⁴

On peut aussi interpréter la courbe de l'offre comme une courbe de Philips néokeynésienne :

$$\pi_t = b_1 \tilde{E}_t \pi_{t+1} + (1 - b_1) \pi_{t-1} + b_2 y_t + \eta_t. \quad (2)$$

Enfin, la règle de Taylor représente le comportement de la banque centrale

$$r_t = c_1 (\pi_t - \pi^*) + c_2 y_t + c_3 r_{t-1} + u_t \quad (3)$$

où π^* est l'objectif d'inflation que l'on fixera, par souci de commodité, à zéro.

Remarquez que, comme à l'accoutumée, on suppose que la banque centrale tend à lisser le taux d'intérêt, ce comportement étant représenté dans l'équation (3) par le taux d'intérêt retardé. Idéalement, la formulation de la règle de Taylor devrait inclure une variable d'anticipation de l'inflation, c'est-à-dire que les banques centrales fixent le taux d'intérêt à partir de leurs prévisions sur le taux de l'inflation. Nous ne l'incluons pas ici afin de conserver sa simplicité au modèle.

Pour faire entrer la démarche heuristique dans les prévisions concernant la production

On suppose que les agents ont recours à des règles simples (heuristiques) pour prévoir l'inflation et la production à venir. On procède comme suit : on part d'une démarche heuristique très simple pour la prévision, pour l'appliquer aux règles de prévisions concernant la production à venir. On suppose deux types de règles pour la prévision. On peut dire de la première qu'elle est « fondamentaliste » : les agents estiment la valeur stationnaire de l'écart de production (normalisée à 0) et l'utilisent

⁴ Il est désormais classique d'utiliser dans les modèles DSEG une équation d'évaluation des prix dans laquelle les coûts marginaux entrent par la droite. Une telle équation provient de la prise en compte de la maximisation des profits dans un monde où la concurrence est imparfaite. Il est possible de montrer que dans certaines conditions l'équation de l'offre globale est équivalente à une cette équation de prix (voir Galli, 2008 ; Smets et Wouters, 2003).

pour prévoir l'écart de production à venir. (On verra plus loin un modèle où les agents ne connaissent pas avec certitude la valeur stationnaire de l'écart de production et ne sont en mesure que d'en former des estimations biaisées). Le second type de règle de prévision est « extrapolative ». Il s'agit d'une règle qui ne présuppose pas que les agents connaissent la valeur stationnaire de l'écart de production. Ils sont agnostiques. En revanche, ils font des extrapolations à partir de leurs observations antérieures de l'écart de production.

Les deux règles se notent comme suit :

$$\text{La règle fondamentaliste se définit comme suit } \tilde{E}_t^f y_{t+1} = 0 . \quad (4)$$

$$\text{La règle extrapolative comme suit: } \tilde{E}_t^e y_{t+1} = y_{t-1} . \quad (5)$$

Ce genre de démarche heuristique simple est souvent évoqué dans les travaux portant sur la finance comportementale où les agents sont censés adopter des comportements fondamentalistes ou chartistes (voir Brock et Hommes, 1997 ; Branch et Evans, 2006 ; De Grauwe et Grimaldi, 2006). C'est sans doute l'hypothèse la plus simple que l'on puisse formuler à propos de la façon dont les agents, affectés par des biais cognitifs, modèlent leur comportement à partir de règles qui incarnent une connaissance limitée. En ce sens, ces règles suivent une logique de bas en haut : elles n'exigent des agents rien d'autre que l'utilisation de l'information qu'ils comprennent, sans qu'ils aient besoin de comprendre l'ensemble de la situation.

Ainsi, il ne faut pas voir dans la démarche heuristique telle qu'elle apparaît à travers les équations (4) et (5) une représentation réaliste de la façon dont les agents font leurs prévisions. Il s'agit plutôt d'une représentation restrictive d'un monde dans lequel les agents ne connaissent pas la « Vérité » (c'est-à-dire le modèle sous-jacent). Le recours à des règles simples ne signifie pas pour autant que les agents sont stupides et qu'ils ne sont pas prêts à tirer des leçons de leurs erreurs. Je décrirai un peu plus loin un mécanisme d'apprentissage par lequel ces agents cherchent sans cesse à corriger leurs erreurs en passant d'une règle à l'autre.

La prévision du marché s'obtient sous la forme d'une moyenne pondérée de ces deux types de prévision, à savoir

$$\tilde{E}_t y_{t+1} = \alpha_{f,t} \tilde{E}_t^f y_{t+1} + \alpha_{c,t} \tilde{E}_t^e \quad (6)$$

$$\tilde{E}_t y_{t+1} = \alpha_{f,t} 0 + \alpha_{c,t} y_{t-1} \quad (7)$$

$$\text{et } \alpha_{f,t} + \alpha_{c,t} = 1 \quad (8)$$

où $\alpha_{f,t}$ et $\alpha_{c,t}$ correspondent aux probabilités que les agents adoptent une attitude fondamentaliste ou extrapolative, respectivement.

Un problème méthodologique se pose ici. Les règles de prévision (la démarche heuristique) présentées ici n'ont pas été recueillies au niveau micro pour être ensuite agrégées. Elles sont au contraire ajoutées après coup aux équations de l'offre et de la demande. Cette approche est aussi celle d'Evans et Honkapohja (2001) dans leurs travaux sur l'apprentissage. On pourra donc objecter que ma technique de modélisation ne suit pas vraiment un mouvement de bas en haut. Idéalement, on voudrait pouvoir déduire la démarche heuristique à partir du niveau microéconomique dans un contexte où les agents sont affectés par des biais cognitifs. Mais on ne sait pas très bien comment modéliser ce comportement au niveau micro pour l'agréger, aussi ne me suis-je pas risqué à le faire.⁵ Il est clair qu'il s'agit d'un domaine dans lequel il faudra faire des recherches à l'avenir.

Comme on l'a indiqué plus haut, les agents sont rationnels au sens où ils évaluent en continu leurs performances en matière de prévision. J'applique certaines notions propres à la méthode des choix discrets (voir Anderson, de Palma et Thisse, 1992 ; Brock et Hommes, 1997) pour définir la procédure suivie par les agents au cours de ce processus d'évaluation. La méthode des choix discrets analyse la façon dont se décident face à diverses possibilités. Selon cette théorie, les agents sont imparfaitement rationnels, c'est-à-dire que l'utilité a une composante déterministe et

⁵ Les psychologues et les spécialistes des neurosciences cherchent à comprendre comment notre cerveau traite l'information. Il n'existe pas à ce jour de modèle généralement reconnu que l'on pourrait utiliser pour modéliser les fondements micro du traitement de l'information. Il y a tout de même eu des tentatives pour apporter un fondement micro aux modèles avec agents aux capacités cognitives limitées, voir Kirman (1992), Delli Gatti *et al.* (2005).

une composante aléatoire. Les agents calculent l'efficacité des différentes démarches heuristiques en matière de prévision comme suit :

$$U_{f,t} = -\sum_{k=0}^{\infty} \omega_k \left[y_{t-k-1} - \tilde{E}_{f,t-k-2} y_{t-k-1} \right]^2 \quad (9)$$

$$U_{e,t} = -\sum_{k=0}^{\infty} \omega_k \left[y_{t-k-1} - \tilde{E}_{e,t-k-2} y_{t-k-1} \right]^2 \quad (10)$$

où $U_{f,t}$ et $U_{e,t}$ représentent les scores (l'utilité) de prévision des fundamentalistes et des extrapolateurs, respectivement. On les définit comme l'erreur quadratique moyenne (EQM) de prévision des règles pessimistes et optimistes ; ω_k représentent des coefficients de pondération qui diminuent géométriquement.

Lorsque l'on applique la méthode des choix discrets, la probabilité qu'un agent adopte une attitude fondamentaliste lorsqu'il effectue ses prévisions s'exprime ainsi (Anderson, de Palma, Thisse, 1992 ; Brock-Hommes, 1997) :

$$\alpha_{f,t} = \frac{\exp(\gamma U_{f,t})}{\exp(\gamma U_{f,t}) + \exp(\gamma U_{e,t})}. \quad (11)$$

De même, la probabilité qu'un agent fasse ses prévisions par extrapolation s'exprime ainsi :

$$\alpha_{e,t} = \frac{\exp(\gamma U_{e,t})}{\exp(\gamma U_{f,t}) + \exp(\gamma U_{e,t})} = 1 - \alpha_{f,t}. \quad (12)$$

L'équation (11) révèle que dans la mesure où l'efficacité des prévisions passées des fundamentalistes s'améliore par rapport à celles des extrapolateurs, les agents auront davantage tendance à opter pour l'attitude fondamentaliste dans leurs prévisions à venir sur l'écart de production. Ainsi, la probabilité que les agents adoptent un comportement fondamentaliste augmente. Il faut interpréter

l'équation (12) de la même manière. Le paramètre γ mesure « l'intensité du choix ». Il paramétrise le degré d'importance de la composante déterministe de l'utilité dans la détermination du choix effectif. Lorsque γ est égal 0, l'utilité est purement aléatoire. Dans ce cas, les agents laissent le hasard décider s'ils vont adopter un comportement fondamentaliste ou extrapolateur et la probabilité de l'un comme de l'autre est exactement de 0,5. Lorsque $\gamma = \infty$, l'utilité est pleinement déterministe, et la probabilité de l'option fondamentaliste est de 1 ou 0. On peut également interpréter le paramètre γ comme l'expression d'un désir de tirer les leçons des scores passés. Lorsque $\gamma = 0$, ce désir est nul, il augmente à mesure que γ prend de l'importance.

Remarquez que ce mécanisme de sélection est le dispositif régulateur que l'on introduit dans ce modèle pour déterminer les genres de comportement qui seront considérés comme acceptables. Seuls les comportements qui répondent au test d'adaptation sont retenus, les autres sont éliminés. Contrairement au dispositif régulateur implicitement présent dans les modèles à anticipations rationnelles qui implique que les agents aient des capacités cognitives supérieures, nous n'avons pas besoin d'une telle hypothèse ici.

Il faut également souligner que même si les individus ont recours à des règles simples pour faire des prévisions quant à l'avenir, cela n'implique pas qu'ils soient incapables de tirer des leçons. De fait, il faut voir dans le critère d'adaptation utilisé un mécanisme d'apprentissage fondé sur des approximations successives. Lorsqu'ils se rendent compte que le comportement qu'ils ont adopté donne moins de résultats que l'autre type de comportement, les agents sont prêts à changer pour ce comportement plus efficace. Autrement dit, les agents évitent les erreurs systématiques car ils sont toujours prêts à tirer les leçons de leurs erreurs passées et à modifier leur comportement. Cela garantit également que les prévisions du marché ne sont affectées d'aucun biais.

Le mécanisme qui oriente les choix de comportement introduit une dynamique d'auto-organisation dans le modèle. Cette dynamique dépasse la compréhension des individus pris isolément. En ce sens, il s'agit d'un système qui fonctionne de bas en haut. Il diffère des modèles macroéconomiques classiques qui supposent que certains agents, voire tous, peuvent avoir une vue d'ensemble et comprendre le modèle dans son intégralité. Ces agents non seulement comprennent

tout, mais se servent de cette compréhension totale pour sélectionner le comportement optimal. Il y aurait donc une correspondance parfaite entre la totalité de l'information contenue dans le monde et le cerveau de chaque individu.

Heuristique des prévisions de l'inflation

Les agents doivent aussi prévoir l'inflation. Comme dans le cas de la prévision concernant l'écart de production, on a recours à un mode heuristique simple qui fonctionne soit selon une règle fondamentaliste soit par extrapolation. (Brazier *et al.*, 2006, part d'une structure similaire). La règle fondamentaliste s'appuie sur la cible d'inflation annoncée, c'est-à-dire que les agents qui adoptent cette règle se fient à elle et s'en servent pour prévoir l'inflation. L'approche par extrapolation est celle des agents qui ne se fient pas à ce qui est annoncé en matière de cible d'inflation. Ils préfèrent extrapoler à partir de l'expérience passée pour évaluer l'inflation.

On appellera « règle de ciblage de l'inflation » l'approche fondamentaliste. Elle consiste à utiliser la cible d'inflation annoncée par la banque centrale pour prévoir l'inflation à venir, c'est-à-dire

$$\tilde{E}_t^{tar} = \pi^* \quad (13)$$

où la cible d'inflation π^* est normalisée afin d'être égale à 0.

Les "extrapolateurs" se définissent par $\tilde{E}_t^{ext} \pi_{t+1} = \pi_{t-1}$. (14)

La prévision du marché est une moyenne pondérée de ces deux prévisions, c'est-à-dire

$$\tilde{E}_t \pi_{t+1} = \beta_{tar,t} \tilde{E}_t^{tar} \pi_{t+1} + \beta_{ext,t} \tilde{E}_t^{ext} \pi_{t+1} \quad (15)$$

ou

$$\tilde{E}_t \pi_{t+1} = \beta_{tar,t} \pi^* + \beta_{ext,t} \pi_{t-1} \quad (16)$$

et
$$\beta_{tar,t} + \beta_{ext,t} = 1. \quad (17)$$

Pour déterminer les probabilités que les agents se fient à la cible d'inflation ou au contraire préfèrent procéder par interpolation à partir de l'inflation passée, on utilise le même mécanisme de sélection que pour les prévisions concernant la production, c'est-à-dire

$$\beta_{tar,t} = \frac{\exp(\gamma U_{tar,t})}{\exp(\gamma U_{tar,t}) + \exp(\gamma U_{ext,t})} \quad (18)$$

$$\beta_{ext,t} = \frac{\exp(\gamma U_{ext,t})}{\exp(\gamma U_{tar,t}) + \exp(\gamma U_{ext,t})} \quad (19)$$

où $U_{tar,t}$ et $U_{ext,t}$ représentent les moyennes pondérées des erreurs quadratiques de prévision passées, selon que l'on a préféré l'approche du ciblage ou l'extrapolation, respectivement. Elles se définissent de la même façon qu'en (9) et (10).

En matière de prévision de l'inflation, le mode heuristique peut être perçu comme une procédure mise en œuvre par les agents pour évaluer la crédibilité du ciblage de l'inflation de la banque centrale. Si celui-ci est tout à fait crédible, le recours à la cible d'inflation annoncée donnera de bonnes prévisions et par conséquent, il y aura de fortes probabilités pour que les agents se fient à cette cible d'inflation. Si au contraire, elle ne donne pas de bonnes prévisions (par rapport à la simple règle de l'extrapolation), il est peu probable que les agents y recourent.

La solution du modèle s'obtient par substitution de (3) à (1) et par reformulation sous forme matricielle. Ce qui donne :

$$\begin{bmatrix} 1 & -b_2 \\ -a_2c_1 & 1-a_2c_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \pi_t \\ y_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 & 0 \\ -a_2 & a_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{E}_t \pi_{t+1} \\ \tilde{E}_t y_{t+1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1-b_1 & 0 \\ 0 & 1-a_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \pi_{t-1} \\ y_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ a_2c_3 \end{bmatrix} r_{t-1} + \begin{bmatrix} \eta_t \\ a_2u_t + \varepsilon_t \end{bmatrix}$$

ou

$$\mathbf{A} \mathbf{Z}_t = \mathbf{B} \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{Z}_{t+1} + \mathbf{C} \mathbf{Z}_{t-1} + \mathbf{b} r_{t-1} + \mathbf{v}_t \quad (20)$$

où les caractères en gras renvoient à des matrices et à des vecteurs. La solution à \mathbf{Z}_t s'obtient par

$$\mathbf{Z}_t = \mathbf{A}^{-1} \left[\mathbf{B} \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{Z}_{t+1} + \mathbf{C} \mathbf{Z}_{t-1} + \mathbf{b} r_{t-1} + \mathbf{v}_t \right] \quad (21)$$

La solution existe si la matrice \mathbf{A} est non singulière, c'est-à-dire si $(1 - zc_2)a_2b_2c_1 \neq 0$. Le système (21) donne la solution de y_t et π_t en fonction des prévisions de y_t et de π_t . Ces derniers ont été spécifiés par les équations (4) et (12) et peuvent faire l'objet d'une substitution par l'équation (21). Enfin, on trouve la solution de r_t en substituant y_t et π_t que l'on prend en (21) pour les introduire en (3).

Ma stratégie dans cette recherche consiste à comparer la dynamique de ce modèle comportemental avec le même modèle structurel (équation de la demande agrégée (1), équation de l'offre agrégée (2) et règle de Taylor (3)) sous anticipations rationnelles et d'en donner une interprétation sous forme de modèle DSEG stylisé.

Le modèle comportant les équations (1) et (3) peut se noter sous forme matricielle comme suit :

$$\begin{bmatrix} 1 & -b_2 & 0 \\ 0 & 1 & -a_2 \\ -c_1 & -c_2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \pi_t \\ y_t \\ r_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 & 0 & 0 \\ -a_2 & a_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_t \pi_{t+1} \\ E_t y_{t+1} \\ E_t r_{t+1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1-b_1 & 0 & 0 \\ 0 & 1-a_1 & 0 \\ 0 & 0 & a_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \pi_{t-1} \\ y_{t-1} \\ r_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \eta_t \\ \varepsilon_t \\ u_t \end{bmatrix}$$

$$\Omega \mathbf{Z}_t = \Phi \mathbf{E}_t \mathbf{Z}_{t+1} + \Lambda \mathbf{Z}_{t-1} + \mathbf{v}_t \quad (22)$$

$$\mathbf{Z}_t = \Omega^{-1} \left[\Phi \mathbf{E}_t \mathbf{Z}_{t+1} + \Lambda \mathbf{Z}_{t-1} + \mathbf{v}_t \right] \quad (23)$$

On peut résoudre ce modèle sous anticipations rationnelles à l'aide la méthode de Binder et Pesaran (1996).

2.2 Calibrage du modèle

Je procède à un calibrage du modèle. On trouvera dans l'annexe les paramètres de ce calibrage. Ce modèle a été calibré de manière à ce que l'on puisse considérer que les unités temporelles correspondent à des mois. On trouvera également une analyse de la sensibilité des principaux résultats à certains changements dans les paramètres du modèle. Les trois chocs (chocs de demande,

d'offre et de taux d'intérêt) sont indépendants et identiquement distribués avec des écarts types de 0,5%.

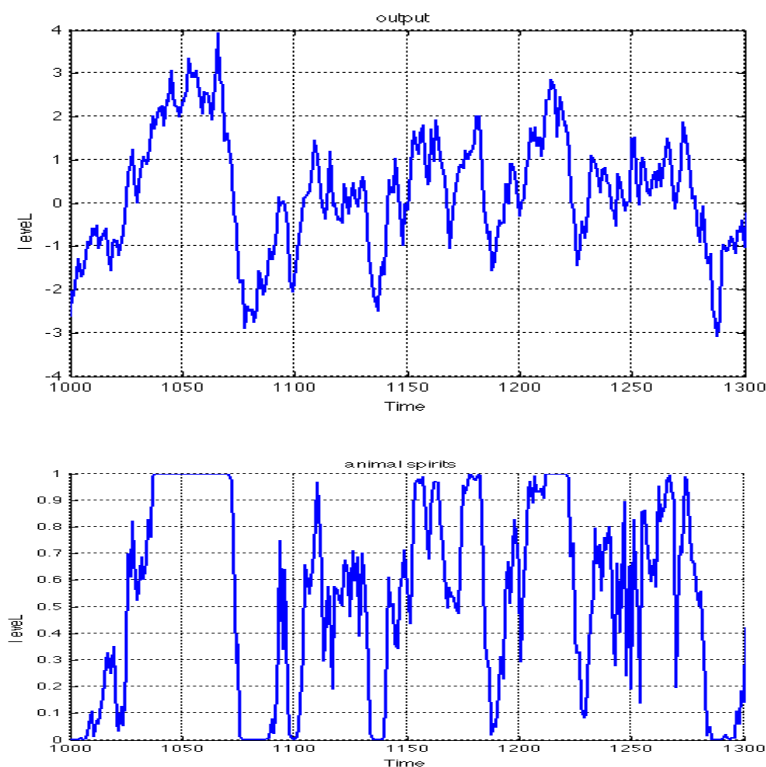
3. Esprits animaux, apprentissage et oubli

Dans cette partie, on donnera une présentation et une interprétation des simulations du modèle comportemental. Le premier graphique de la figure 3 fait apparaître le profil temporel de l'écart de production selon le modèle comportemental. On peut constater que l'écart de production connaît d'importantes fluctuations conjoncturelles. Le second graphique fait apparaître une variable dite des « esprits animaux ».⁶ Il représente l'évolution de la part des agents qui anticipent par extrapolation un écart de production positif. Ainsi, lorsque la courbe atteint +1, cela signifie que tous les agents anticipent par extrapolation un écart de production positif ; lorsqu'elle atteint 0, aucun agent n'anticipe un écart de production positif. En fait, dans ce dernier cas, ils anticipent tous un écart de production négatif. La courbe illustre donc le degré d'optimisme et de pessimisme des agents lorsqu'ils font des prévisions concernant l'écart de production.

Si l'on combine l'information issue des deux graphiques de la figure 3, on constate que le modèle engendre des vagues endogènes d'optimisme et de pessimisme. À certaines périodes, les optimistes (c'est-à-dire les agents qui anticipent, par extrapolation, des écarts de production positifs) dominent, ce qui se traduit par une croissance de la production au-dessus de la moyenne. Ces périodes d'optimisme sont suivies par des périodes de pessimisme où les pessimistes (c'est-à-dire les agents qui anticipent, par extrapolation, des écarts de production négatifs) dominent, et où le taux de croissance de la production se situe au-dessous de la moyenne. Ces vagues d'optimisme et de pessimisme sont par nature imprévisibles. Lorsque les chocs revêtent d'autres formes, les cycles sont différents, mais les caractéristiques générales restent les mêmes.

⁶ Voir Mario Nuti (2009) pour les différentes interprétations des « esprits animaux ». La référence classique est Keynes (1936). Voir aussi Farmer (2006) ainsi que l'ouvrage récent de Akerlof et Shiller (2009).

Figure 3 : Écart de production selon le modèle comportemental



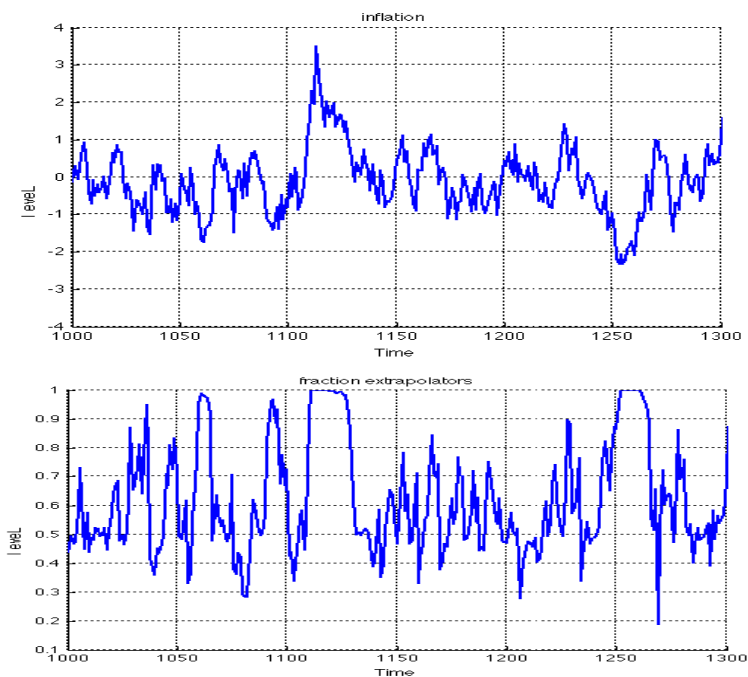
Ce qui est à l'origine de ces mouvements cycliques de la production, générés de manière endogène, c'est un mécanisme auto-réalisateur que l'on peut décrire comme suit : une suite de chocs aléatoires crée les conditions pour que l'une des deux approches de la prévision, l'approche par extrapolation mettons, donne de meilleurs résultats, c'est-à-dire une moyenne quadratique des erreurs (MQE) plus faible. Cela attire les agents qui jusqu'à présent adoptaient un comportement fondamentaliste. Si l'extrapolation qui a donné de bons résultats se trouvait être positive, davantage d'agents commenceront à anticiper par extrapolation un écart de production positif. L'« effet de contagion » donne lieu à des extrapolations positives toujours plus nombreuses à propos de l'écart de production, ce qui à son tour stimule la demande globale. L'optimisme est donc un processus auto-réalisateur. Une période

d'expansion voit le jour. À un moment donné, des chocs aléatoires négatifs et/ou la réaction de la banque centrale par l'intermédiaire de la règle de Taylor ébranlent la MQE des prévisions optimistes. Les prévisions fondamentalistes retrouvent alors de leur attrait, mais il est tout aussi possible que les extrapolations pessimistes suscitent de nouveau de l'intérêt et redeviennent par conséquent à la mode. L'économie connaît alors un renversement de la conjoncture.

On peut considérer que ce qui est à l'œuvre dans ces vagues d'optimisme et de pessimisme, ce sont des mécanismes de recherche (d'apprentissage) propres à des agents qui ne comprennent pas totalement le modèle sous-jacent mais sont sans cesse en quête de vérité. Ce mécanisme de recherche a pour caractéristique essentielle de produire une corrélation systématique entre les croyances (par exemple, entre les extrapolations optimistes ou les extrapolations pessimistes). Cette corrélation systématique est au cœur des phases d'expansion et de récession créées au sein du modèle. Remarquez, cependant, que lorsqu'on la calcule sur des intervalles de temps très longs, l'erreur moyenne dans la prévision devient nulle. En ce sens, le biais de prévision tend à disparaître asymptotiquement.

Les résultats concernant la trajectoire temporelle de l'inflation apparaissent dans la figure 4. Considérons d'abord le second graphique. Il fait apparaître la part des agents qui suivent une démarche heuristique, c'est-à-dire les agents qui ne se fient pas à la cible d'inflation de la banque centrale. On repère deux régimes. L'un dans lequel la part des agents extrapolateurs varie autour de 50%, ce qui implique que la part des agents qui établissent leurs prévisions en s'appuyant sur la cible d'inflation se situe elle aussi autour de 50%. Cela suffit à maintenir le taux d'inflation à l'intérieur d'une fourchette étroite d'environ $\pm 1\%$ par rapport à la cible d'inflation de la banque centrale. Il existe un second régime toutefois qui se met en place lorsque les extrapolateurs dominent. Sous ce régime, le taux d'inflation fluctue beaucoup plus. Le ciblage de l'inflation de la banque centrale est par conséquent fragile. Il peut se trouver sapé dès lors que les prévisionnistes pensent qu'ils ont tout intérêt à s'appuyer sur l'historique de l'inflation pour établir de meilleures prévisions plutôt que sur la cible d'inflation de la banque centrale. Cela peut se produire de façon tout à fait imprévisible à la suite de chocs aléatoires affectant l'offre et/ou la demande. Nous reviendrons sur la question de savoir comment la banque centrale peut réduire cette perte de crédibilité.

Figure 4 : L'inflation selon le modèle comportemental



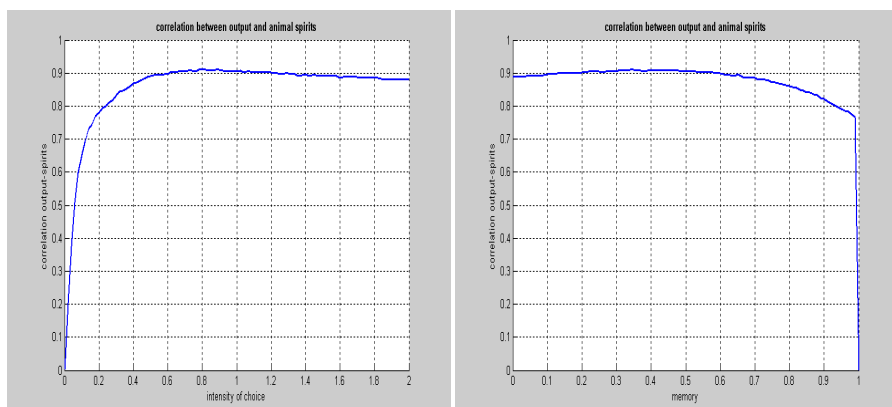
Les simulations dont on a fait état dans la partie précédente reposaient sur certaines hypothèses concernant un ensemble donné de valeurs numériques des paramètres du modèle. On a pu constater que face à cet ensemble de valeurs des paramètres, se manifestaient des esprits animaux (qui se mesurent aux variations de la fraction des agents extrapolateurs optimistes) ayant une influence sur les fluctuations de l'écart de production. Le coefficient de corrélation entre la fraction des optimistes et l'écart de production dans la simulation représentée par la figure 3 est de 0,86. Il serait intéressant de voir comment évolue cette corrélation lorsque l'on change les valeurs des paramètres du modèle. Je retiendrai deux valeurs de paramètre ici : l'intensité du paramètre du choix, γ , et ce que les agents ont en mémoire lorsqu'ils calculent l'efficacité de leurs prévisions. Le second élément est représenté par le paramètre ω_k dans les équations (9) et (10), il s'agit d'une série de coefficients de pondération de plus en plus faibles, liés aux erreurs de prévision

passées. Je définis $\omega_k = (1 - \rho)\rho^k$ (et $0 \leq \rho \leq 1$). On peut ensuite interpréter le paramètre ρ comme une représentation de la mémoire des agents. Lorsque $\rho = 0$, les agents n'ont rien en mémoire, c'est-à-dire que seule compte l'efficacité des prévisions de la dernière période pour évaluer une règle de prévision. Lorsque $\rho = 1$, leur mémoire est infinie, c'est-à-dire que toutes les erreurs passées, même celles qui remontent au plus lointain passé, reçoivent la même pondération.

Les résultats de l'analyse de sensibilité apparaissent dans la figure 5. Le graphique de gauche montre la corrélation entre l'écart de production et la part des extrapolateurs optimistes (esprits animaux) pour des valeurs croissantes de l'intensité du paramètre du choix, γ . On peut constater que lorsque γ est égal à zéro (c'est-à-dire lorsque le mécanisme de changement d'approche est purement aléatoire), cette corrélation est égale à zéro. L'interprétation à donner à cela, c'est que dans un contexte dans lequel les agents s'en remettent totalement au hasard, autrement dit, où ils ne réagissent pas en fonction de l'efficacité de leur approche prévisionnelle, il n'y a pas de vagues systématiques d'optimisme et de pessimisme (esprits animaux) qui puissent influencer sur la conjoncture. Lorsque γ augmente, la corrélation se renforce nettement. Ainsi, dans un contexte où les agents tirent les leçons de leurs erreurs passées, les esprits animaux s'éveillent. Ainsi, pour que ces esprits animaux se manifestent et influent sur le cycle de l'activité économique, il n'est besoin que d'un minimum de rationalité (au sens d'une disposition à apprendre). La figure 3 montre que l'on y parvient même lorsque l'intensité du choix est relativement faible.

Le graphique de droite met en évidence la corrélation entre l'écart de production et la part des optimistes pour des valeurs croissantes du paramètre de la mémoire ρ . On peut constater que lorsque $\rho = 1$, la corrélation est nulle. C'est le cas lorsque les agents accordent le même poids à toutes les observations passées, quelle que soit leur ancienneté. Autrement dit, lorsque la mémoire des agents est infinie, ils n'oublient rien et dans ce cas, les esprits animaux ne se manifestent pas. Il faut donc qu'il y ait place pour l'oubli (ce qui constitue un biais cognitif) pour que s'éveillent les esprits animaux. Il n'est pas nécessaire que la part de l'oubli soit importante. Pour les valeurs de ρ inférieures à 0,98, les corrélations entre output et esprits animaux sont élevées.

Figure 5 : Corrélations entre l'écart de production et la proportion d'optimistes



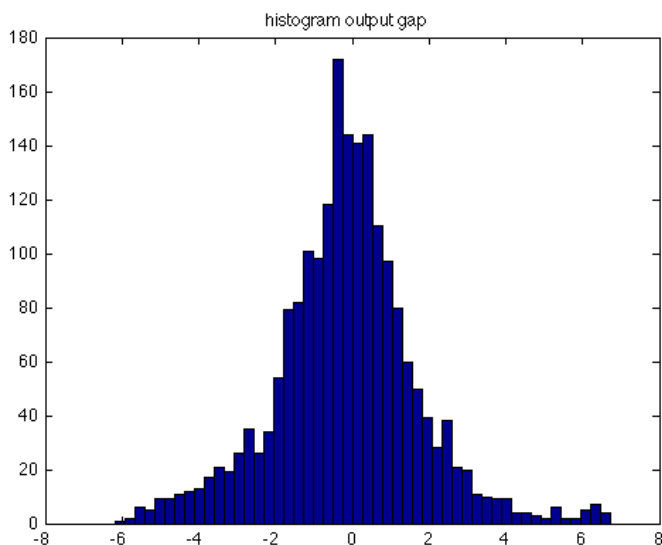
Après avoir présenté les caractéristiques principales du modèle comportemental, j'entreprendrai à présent de montrer comment ce modèle induit une vision de la dynamique macroéconomique qui contraste beaucoup avec celle que procurent les modèles DSEG à anticipations rationnelles. Mon analyse portera sur deux éléments : le premier concerne les théories du cycle conjoncturel implicitement présentes dans le modèle comportemental et dans le modèle à anticipations rationnelles, le second a trait aux implications pour les politiques monétaires.

4. Deux théories différentes du cycle conjoncturel

Les modèles comportemental et néo-keynésien sont-ils en mesure de refléter ces régularités empiriques ? Nous nous intéresserons d'abord au modèle comportemental présenté dans la section précédente. La figure 3 nous montre une simulation de l'écart de production typique de ce modèle. Le coefficient de corrélation de l'écart de production obtenu dans la figure 3 est de 0,95, ce qui est très proche de 0,94, c'est-à-dire de l'auto-corrélation de l'écart de production aux États-Unis entre 1960 et 2009 (voir l'introduction). De plus, notre modèle macroéconomique comportemental produit des variations de la production très différentes de ce que l'on trouve dans une distribution normale. C'est ce que nous mettons en évidence grâce à l'histogramme des écarts de production (figure 6) tiré de la figure 3. La distribution de fréquence de l'écart de production présente une déviation significative par rapport

à une distribution normale. Le coefficient d'aplatissement (4,4) est beaucoup important, c'est-à-dire que les observations se concentrent trop exclusivement autour de la moyenne pour que la distribution soit normale. Par ailleurs, on constate la présence de queues de distribution épaisses, ce qui signifie que les observations extrêmement réduites ou extrêmement importantes sont trop nombreuses pour être compatible avec une distribution normale. On a en outre appliqué un test de normalité plus formel, le test de Jarque-Bera, qui a rejeté l'hypothèse de normalité. Précisons que la non-normalité de la distribution de l'écart de production est produite de manière endogène par le modèle puisque nous lui soumettons des chocs normalement distribués.

Figure 6 : Distribution de fréquence de l'écart de production simulé



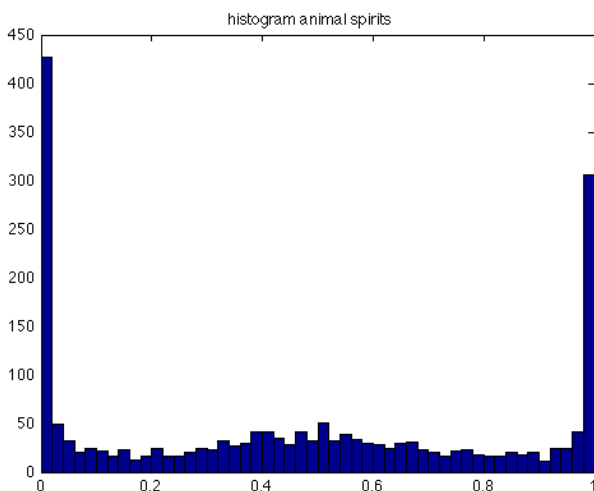
Coefficient d'aplatissement = 4,4, test de Jarque-Bera = 178,4 (valeur $p = 0,001$)

Ce résultat n'est pas sans conséquences. Il indique que lorsqu'on fait appel à l'hypothèse de normalité dans les modèles macroéconomiques, on sous-estime la probabilité de changements importants. Dans ce cas, si l'on fait l'hypothèse d'une distribution normale, on a tendance à sous-estimer la probabilité que surviennent

des phases d'expansion ou de récession de grande ampleur. Cela vaut également pour les modèles financiers qui font l'hypothèse de la normalité. Ces derniers sous-estiment largement la probabilité de variations très importantes du prix des actifs. En d'autres termes, ils sous-estiment la probabilité de bulles et de débâcles de grande envergure. Pour reprendre la métaphore de Nassim Taleb, les cygnes noirs sont beaucoup plus nombreux que ne le prévoient les modèles théoriques fondés sur l'hypothèse de normalité.

C'est déjà une bonne chose que de constater ce phénomène, mieux vaut encore l'expliquer. C'est une chose que notre modèle est en mesure de faire, grâce notamment à la dynamique des « esprits animaux ». C'est ce qu'illustre la figure 7. Elle fait apparaître la distribution de fréquence de l'indice des esprits animaux (défini plus haut) associée à la distribution de fréquence de l'écart de production que présente la figure 6. La figure 7 met en évidence une concentration des esprits animaux aux valeurs extrêmes de 0 et 1 ainsi qu'au milieu de la distribution (mais de manière plus étalée). Cette caractéristique apporte l'explication de la non-normalité des variations de l'écart de production.

Figure 7 : Distribution de fréquence d'une simulation des esprits animaux

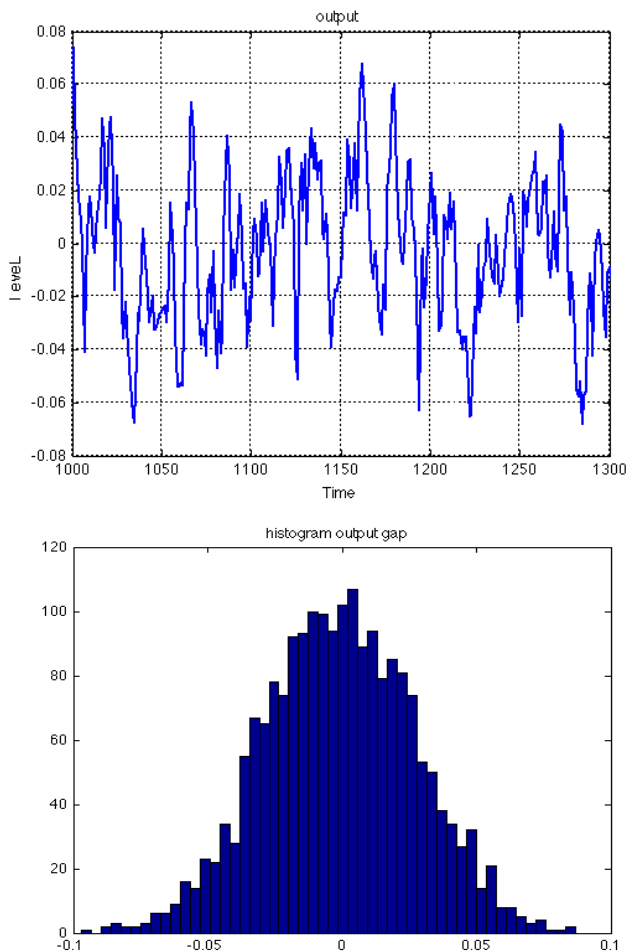


Quand l'indice des esprits animaux occupe le milieu de la distribution, on traverse une phase de tranquillité, qui n'est dominée ni par l'optimisme ni par le pessimisme, tandis que les agents adoptent une approche fondamentaliste pour prévoir l'écart de production. Cependant, à intervalles réguliers, l'économie est submergée par une vague soit d'optimisme soit de pessimisme. La nature de ces vagues tient à la corrélation des croyances. L'optimisme engendre l'optimisme, le pessimisme engendre le pessimisme. Cela peut aboutir à des situations dans lesquelles tout le monde est devenu optimiste ou pessimiste, selon le cas, ce qui donne lieu à des variations positives ou négatives de l'écart de production d'ampleur extrême (forte expansion ou récession).

De ceci, il ressort que notre modèle macroéconomique comportemental est en mesure d'émettre des prédictions fortes sur la façon dont les variations de l'écart de production sont distribuées. Ces variations doivent être distribuées de manière non normale. C'est ce que l'on observe également dans la réalité.

Dans quelle mesure le modèle DSEG néo-keynésien parvient-il à reproduire les régularités empiriques propres au cycle conjoncturel? Je me suis livré à une simulation de la version à anticipations rationnelles des équations (1) à (3) (modèle néo-keynésien) en reprenant le même calibrage. La figure 8 met en évidence les variations de l'écart de production simulé. Le premier graphique montre l'écart de production dans sa dimension temporelle, le second selon sa fréquence. Le coefficient d'auto-corrélation dans l'écart de production est de 0,77, c'est-à-dire sensiblement plus faible que dans les données observées (0,94 pour les États-Unis). De plus, ces variations de l'écart de production sont normalement distribuées (second graphique). On ne saurait nier que la distribution est normale.

Figure 8 : simulation de l'écart de production dans un modèle néo-keynésien étendu

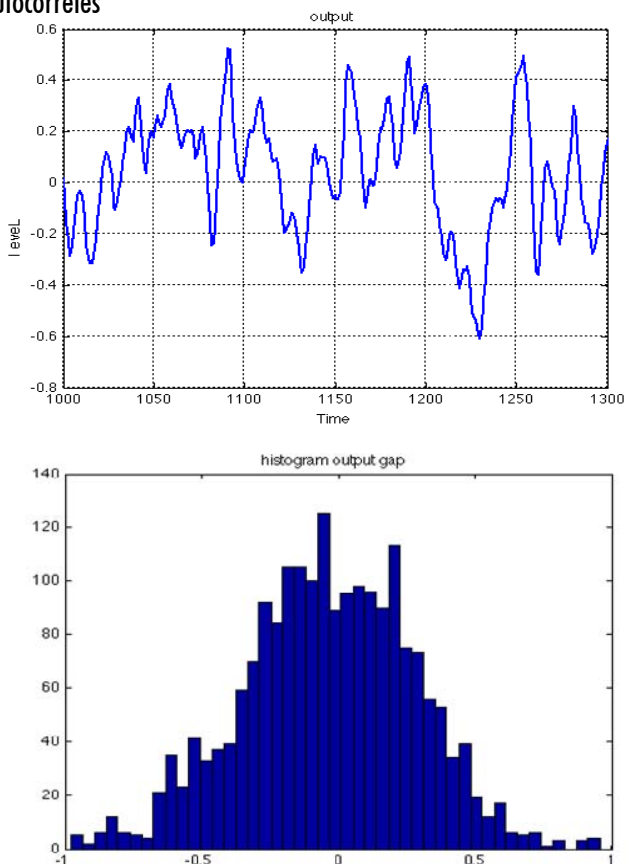


Coefficient d'aplatissement: 2,9; test de Jarque-Bera: 1,03 avec une valeur $p = 0,5$

Afin d'améliorer la pertinence empirique de notre modèle, nous avons ensuite ajouté l'auto-corrélation des résidus. C'est désormais la procédure classique des modèles DSEG (voir Smets et Wouters, 2003). Nous procédons de même avec notre version du modèle néo-keynésien et supposons que l'auto-corrélation des résidus, dans les équations (1) à (3), est égale à 0,9. Ce qui résulte de cette hypothèse

apparaît dans les simulations de l'écart de production de la figure 9. Nous obtenons ainsi des variations de l'écart de production qui ressemblent à ce qui se passe dans la réalité. L'auto-corrélation de l'écart de production est désormais égale à 0,98, ce qui est très proche du chiffre observé, 0,94, de l'écart de production aux États-Unis, après-guerre. On ne saurait toujours pas rejeter l'hypothèse de la normalité cependant (voir le test de Jarque-Berra). C'est un problème que les modèles DSEG n'ont pas été en mesure de résoudre.

Figure 9 : Écart de production simulé dans un modèle néo-keynésien étendu et résidus autocorrélés



Coefficient d'aplatissement: 3,16; Jarque-Bera: 3,2 avec une valeur-p = 0,17

Ainsi, afin de reproduire les aléas de la conjoncture, les concepteurs de modèles néo-keynésiens ont eu l'idée d'y introduire l'autocorrélation des résidus (les chocs affectant l'économie). Cela a permis aux modèles DSEG de se trouver en étroite correspondance avec les données observées (voir Smets et Wouters, 2003). Ce succès se limite aux premier et second moments des variations de l'écart de production, mais ne concerne pas les moments plus forts (coefficient d'aplatissement, queues de distribution épaisses). Cet échec relatif a pour conséquence que les modèles DSEG doivent tabler sur des chocs imprévisibles et de grande envergure pour expliquer une variation ample de l'écart de production (par exemple une profonde récession ou une forte expansion).

Cette théorie du cycle de l'activité économique implicite dans les modèles DSEG pose deux problèmes.

Premièrement, les cycles économiques ne résultent pas d'une dynamique endogène. Ils sont dus à des chocs exogènes et à une lente transmission des effets de ces chocs. En d'autres termes, les modèles DSEG présentent un monde peuplé d'agents rationnels parfaitement informés. Mais dans un tel monde, il n'y aurait pas de cycles économiques. Ces derniers surviennent en raison de perturbations exogènes et de contraintes qui s'exercent sur la capacité des agents à réagir instantanément à ces chocs. C'est ainsi qu'un choc donné a des répercussions en chaîne sur l'économie, c'est-à-dire qu'il donne lieu à des retournements de la conjoncture.

Le second problème est méthodologique. Lorsqu'il teste la valeur empirique du modèle néo-keynésien, le chercheur constate qu'en grande partie, la dynamique de la production n'est pas prévue par le modèle. Cette partie inexpliquée de la dynamique se retrouve ensuite dans le résidu, ce qui ne pose pas de problème. Ce que font ensuite les concepteurs de modèles DSEG, c'est de conclure que ces erreurs (généralement autocorrélées) doivent être considérées comme des chocs exogènes.

Le problème de cette approche, c'est qu'elle n'est pas scientifique. Lorsque le concepteur du modèle DSEG est confronté à une dynamique qui n'est pas prévue par le modèle, il considère que son modèle néo-keynésien ne saurait malgré tout se tromper (car les agents sont indubitablement rationnels) et que par conséquent, l'écart entre la dynamique observée et celle qu'avait prévue le modèle provient nécessairement d'un élément extérieur au modèle.

5. Rôle de la stabilisation de la production

La macroéconomie moderne en général, et les modèles DSEG en particulier, ont procuré le fondement intellectuel du ciblage de l'inflation. Jusqu'au déclenchement de la crise financière en 2007, les stratégies de ciblage de l'inflation passaient pour le cadre incontesté de la mise en œuvre des politiques auprès des banques centrales modernes. Et c'est bien la stratégie que la plupart d'entre elles adoptaient. Ceux que l'on considérait comme les sages de la macroéconomie déclaraient que cette stratégie de ciblage de l'inflation constituait une grande victoire pour la macroéconomie en tant que science (Woodford, 2009). On pensait que désormais, on vivrait dans un contexte macroéconomique plus stable, sous le régime de la « grande modération ». On sait à présent à quel point les choses peuvent changer rapidement.

Bien entendu, le ciblage de l'inflation n'implique pas que la stabilisation de la production ne joue aucun rôle. Les concepteurs de modèles DSEG qui ont donné une coloration néo-keynésienne à leurs modèles, ont toujours souligné que les rigidités des salaires et des prix constituaient une bonne raison pour les banques centrales de chercher à stabiliser la production (voir Clarida *et al.*, 1999 ; Gali, 2008). Cette idée se reflète dans le ciblage « souple » de l'inflation (Svensson, 1997 ; Woodford, 2002). En raison de l'existence de rigidités, les banques centrales ne doivent pas chercher à maintenir l'inflation au plus près de sa cible tout le temps. Lorsque surviennent des chocs importants lors desquels l'inflation s'écarte de sa cible, les banques centrales doivent plutôt adopter une stratégie où il s'agit de ramener progressivement l'inflation à sa cible. La raison en est que dans un monde qui connaît des rigidités de salaires et de prix, les tentatives trop brutales pour ramener l'inflation à sa cible nécessiteraient des hausses du taux d'intérêt telles qu'elles provoqueraient de fortes baisses de la production.

Dans le monde des modèles d'équilibre général, la stabilisation de la production est très circonscrite. Le besoin d'une stabilisation se fait sentir en raison de l'existence de rigidités dans les prix qui nécessitent d'étaler les variations de prix sur des périodes plus longues. Le champ d'action restreint de la stabilisation de la production repose sur un modèle qui se caractérise par la stabilité de son équilibre. On n'envisage pas la possibilité que l'équilibre soit instable ou que les fluctuations de la production aient une origine autre que la rigidité des prix. Faudrait-il élargir le

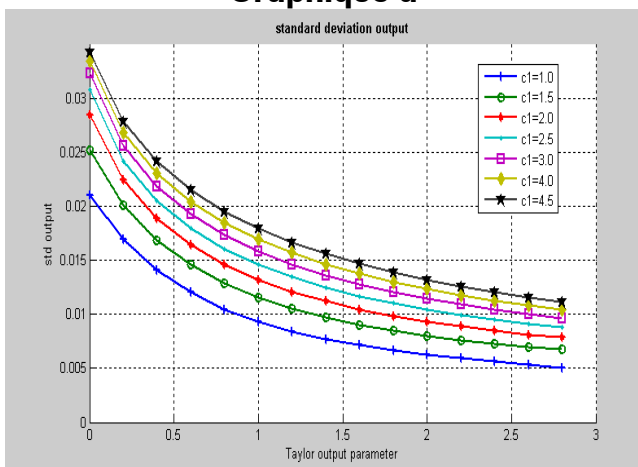
champ d'action de la stabilisation de la production ? Afin d'apporter un éclairage sur cette question, nous plaçons le compromis entre production et variabilité de l'inflation dans le cadre d'un modèle comportemental et en tirons quelques conclusions en matière de politiques à mener.

Les arbitrages sont construits comme suit : on a simulé le modèle 10 000 fois et calculé la variabilité moyenne de la production et de l'inflation pour différentes valeurs des paramètres de la règle de Taylor. La figure 10 montre comment la variabilité de la production (graphique a) et celle de la l'inflation (graphique b) évoluent à mesure que le coefficient de production (c_2) dans la règle de Taylor passe de 0 à 1.

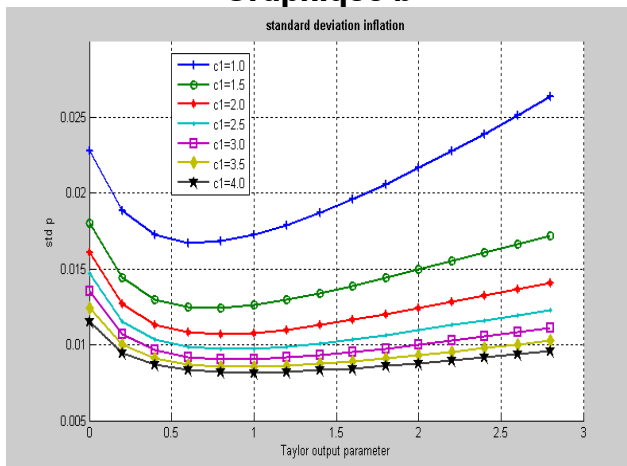
Le premier graphique, qui montre l'évolution de la variabilité de la production, est conforme au résultat attendu, c'est-à-dire qu'à mesure que le coefficient de production (c_2) augmente (le ciblage de l'inflation s'assouplit), la variabilité de la production tend à diminuer. On s'attendrait à présent à ce que cette moins grande variabilité de la production induite par une politique de stabilisation plus active se fasse au prix d'une plus grande variabilité de l'inflation. Pourtant, cela n'apparaît pas dans le graphique b. On constate que le rapport est non-linéaire. À mesure que le coefficient de production s'éloigne de zéro, la variabilité de l'inflation commence par diminuer. Ce n'est que lorsque le coefficient de production dépasse une certaine valeur (dans une fourchette entre 0,6 et 0,8) que la variabilité de l'inflation commence à augmenter. Ainsi, la banque centrale peut faire baisser à la fois la variabilité de la production et celle de l'inflation dès lors qu'elle ne se conforme pas à un ciblage strict de l'inflation ($c_2 = 0$) et s'attache à stabiliser la production. Sans excès cependant. Lorsqu'on recherche une trop grande stabilisation de la production, le rapport s'inverse et provoque une augmentation de la variabilité de l'inflation.

Figure 10 : Variabilité de la production et de l'inflation.

Graphique a



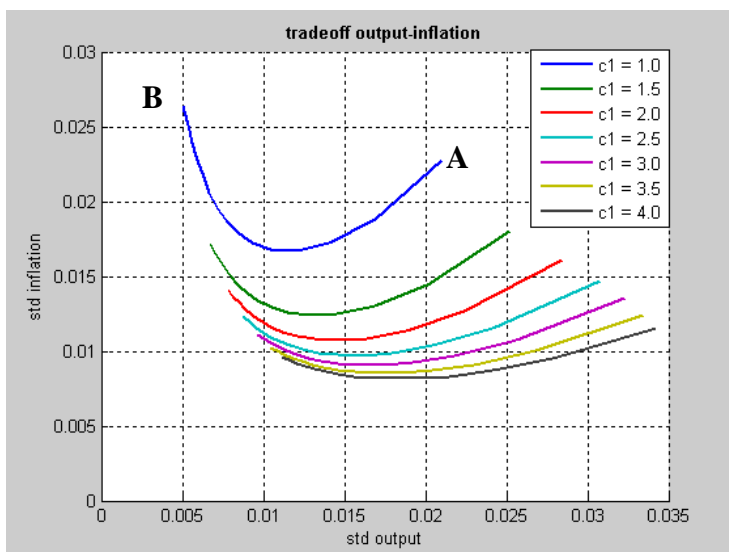
Graphique b



La figure 10 nous permet de concevoir les arbitrages entre variabilité de la production et de l'inflation. La Figure 11 les représente pour différentes valeurs du paramètre de l'inflation c_1 . Si l'on prend l'arbitrage AB. C'est celui que l'on obtient pour $c_1 = 1$. Partons du point A, le paramètre de la production, $c_2 = 0$ (ciblage strict de l'inflation). À mesure que progresse la stabilisation de la production, la courbe

descend, ce qui signifie que davantage de stabilisation de la production de la part de la banque centrale fait baisser la variabilité de l'inflation et de la production. Cependant, le rapport est non-linéaire. À un moment donné, lorsque le paramètre de la stabilisation de la production est trop élevé, la courbe de l'arbitrage commence à remonter, pour devenir un arbitrage « normal », c'est-à-dire que l'on obtient une diminution de la variabilité de la production au prix d'une augmentation de la variabilité de l'inflation.

Figure 11 : arbitrages selon le modèle comportemental



Comment interpréter ces résultats? Commençons par le cas du ciblage strict de l'inflation, c'est-à-dire le cas où les autorités fixent $c_2 = 0$. On ne cherche aucunement à stabiliser la production. La variabilité de la production qui en résulte intensifie les vagues d'optimisme et de pessimisme (esprits animaux) qui à leur tour ont un effet sur la volatilité de la production. Ces vagues importantes augmentent la variabilité de l'inflation. Une certaine stabilisation de la production est donc une bonne chose : elle atténue à la fois la variabilité de l'inflation et celle de la production en jouglant les élans des esprits animaux. S'il n'y a aucune stabilisation de la production ($c_2 = 0$), les esprits animaux se manifestent avec tant de force que la

variabilité élevée de la production entraîne dans la foulée une plus grande volatilité de l'inflation en raison de l'effet de l'écart de production sur l'inflation (équation de l'offre). En revanche, trop de stabilisation de la production annule l'avantage de la stabilisation qu'apporte un objectif d'inflation crédible. Lorsque la banque centrale attache une trop grande importance à la stabilisation de la production, elle fournit davantage d'occasions de réaliser de meilleures performances en matière de prévision de l'inflation par extrapolation, ce qui engendre une plus grande variabilité de l'inflation.

La figure 11 nous apprend encore une chose importante sur le ciblage de l'inflation. On remarque que si l'on augmente le paramètre de l'inflation dans la règle de Taylor (c_1), cela a pour effet d'orienter les arbitrages à la baisse, c'est-à-dire que les banques centrales peuvent améliorer les arbitrages en réagissant avec plus de vigueur aux variations de l'inflation⁷. La banque centrale parvient à améliorer ainsi l'arbitrage car, en réagissant avec plus de vigueur aux variations de l'inflation, elle amoindrit la probabilité que les extrapolateurs de l'inflation en viennent à dominer le marché, et elle abaisse par la même occasion la probabilité que le ciblage de l'inflation perde de sa crédibilité. Une telle perte de crédibilité déstabilise à la fois l'inflation et la production. Ainsi, dans notre modèle comportemental, il est important de préserver la crédibilité du ciblage de l'inflation pour maintenir la stabilité macroéconomique.

6. Multiplicateurs de la politique budgétaire : état de nos connaissances

Depuis le déclenchement de la crise financière en 2007-2008, les gouvernements des grandes puissances ont mis en œuvre de vastes plans de relance budgétaire, ce qui a donné lieu à de vifs débats sur l'ampleur des multiplicateurs de la politique budgétaire. Ces débats révèlent (une fois de plus) à quel point les opinions des économistes divergent sur la question de l'importance de ces effets multiplicateurs (voir Wieland, 2012). Les estimations concernant les multiplicateurs à court terme varient de 0 à des nombres bien supérieurs à 1. Les raisons de ces

⁷ Gaspar, Smets et Vestin (2006) obtiennent des résultats similaires sur l'importance d'un ciblage strict de l'inflation, par l'intermédiaire d'un modèle macro avec apprentissage statistique.

divergences profondes entre les différentes estimations ont suscité bien des examens de conscience.

L'une des causes principales de ces différences tient à l'utilisation de modèles différents qui incarnent différents a priori théoriques. Par exemple, dans les modèles macroéconomiques classiques avec agents à anticipations rationnelles (à la fois les modèles néoclassiques et néokeynésiens), il est probable que les multiplicateurs de la politique budgétaire seront très faibles dans la mesure où ces modèles renferment généralement une équivalence ricardienne, c'est-à-dire que, suite aux mesures de relance par voie budgétaire (déficit budgétaire), les agents s'attendent à une hausse à venir des impôts et se mettent à épargner davantage (à consommer moins) en sorte que tout dollar engagé dans les dépenses publiques se trouve compensé par une économie équivalente du côté de la dépense privée. Selon ces modèles, le multiplicateur de la politique budgétaire est proche de zéro. Dans les modèles keynésiens, les politiques budgétaires peuvent avoir un effet stimulant net. Ainsi, les diverses estimations des multiplicateurs de la politique budgétaire ne sont pas des « estimations neutres » mais reflètent au contraire des a priori et des croyances théoriques qui se sont glissés dans ces modèles au moment de leur conception.

Notre modèle comportemental nous permet d'éclairer un peu encore l'incertitude qui entoure les effets des politiques budgétaires. Nous procéderons en étudiant comment un choc positif affectant la demande globale et suscité par une politique budgétaire expansionniste peut influencer sur la production. Nous ne ferons pas une analyse exhaustive des politiques budgétaires. Notre modèle ne fournit pas d'informations assez détaillées sur les dépenses publiques et la fiscalité pour nous permettre de le faire. Nous modélisons les chocs dus à des politiques fiscales de la même manière qu'un choc dans l'équation de la demande. Ce que notre modèle nous permet d'établir, c'est la nature de l'incertitude qui entoure un tel choc, même dans un modèle extrêmement simple.

On suppose que la politique d'expansion budgétaire se déploie sous deux régimes de politique monétaire différents. Sous le premier régime, on suppose que la banque centrale recourt à la règle de Taylor classique telle qu'elle est spécifiée dans l'équation (3). Ainsi, sous ce régime, la politique d'expansion budgétaire conduit automatiquement la banque centrale à procéder à une hausse du taux d'intérêt. Cela

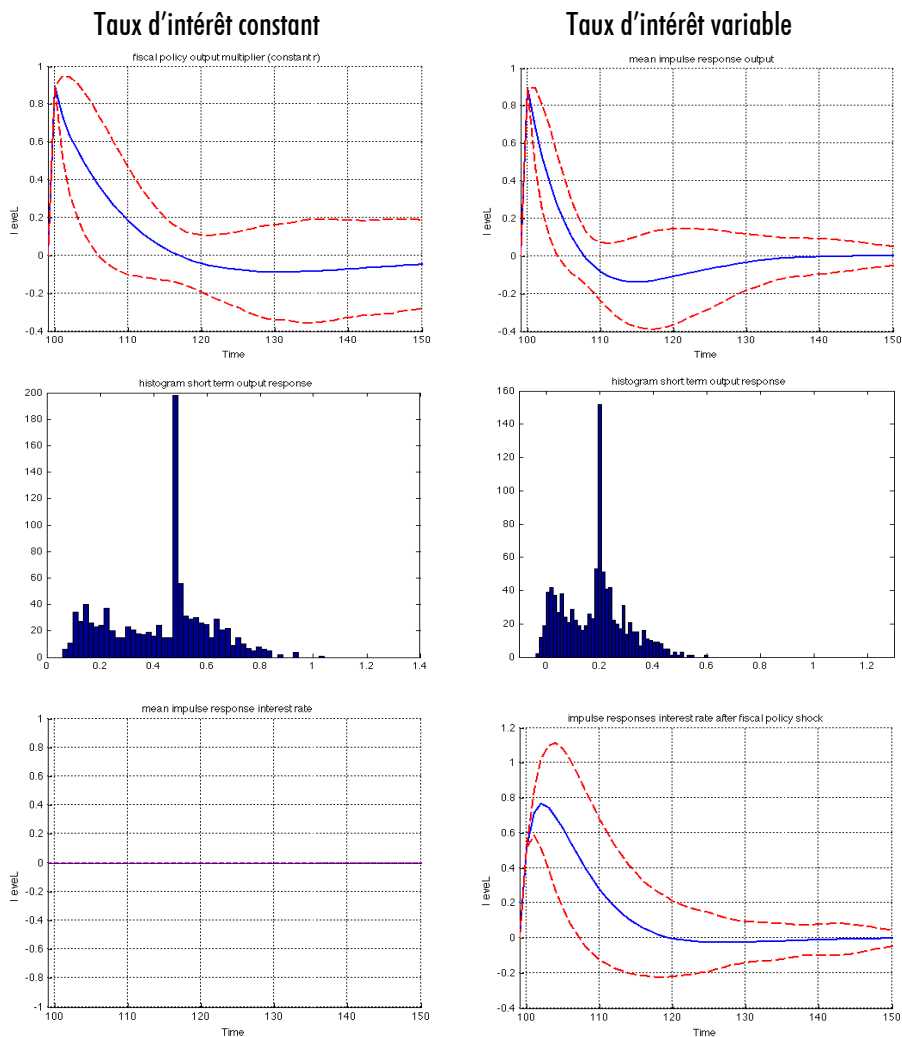
provient du fait que le stimulus de la demande suscite une hausse de la production et de l'inflation à laquelle la banque centrale réagit par une hausse du taux d'intérêt.

Sous le second régime, on suppose que la banque centrale ne réagit pas à l'accroissement induit de la production et de l'inflation par une hausse du taux d'intérêt. On fait cette hypothèse, non pas parce qu'elle est réaliste, mais plutôt pour estimer l'effet multiplicateur keynésien pur d'une relance budgétaire. Le multiplicateur keynésien est généralement estimé sous l'hypothèse d'un taux d'intérêt constant en sorte qu'il n'y a pas d'effet d'éviction.

La figure 12 met en évidence les effets de cette politique d'expansion budgétaire sous ces deux régimes de politique monétaire différents. Les deux premiers graphiques font apparaître les incidences expansionnistes sous les deux types de politique monétaire. Les effets immédiats de la relance budgétaire sont les mêmes sous les deux régimes. Cependant, sous le régime du taux d'intérêt variable, les effets positifs de la relance budgétaire s'essoufflent plus rapidement et ont davantage tendance à tomber dans le négatif que sous le régime à taux constant. Cela n'est pas surprenant dans la mesure où sous le régime de taux d'intérêt variable, on constate que le taux d'intérêt remonte considérablement (voir graphique du bas), suscitant un rapide effet d'éviction.

Une seconde différence de taille concerne le degré d'incertitude quant à l'ampleur des effets de la relance budgétaire sur la production. Comme il apparaît dans les graphiques du haut, les effets de la relance divergent de manière plus importante sous le régime du taux d'intérêt constant que sous le régime du taux d'intérêt variable. Cela apparaît également dans la seconde série de graphiques qui représente la distribution de fréquence des réactions à court terme de la production sous les deux régimes. On constate une plus grande dispersion de ces réactions à court terme de la production sous le régime du taux d'intérêt fixe. Cela tient au fait que les esprits animaux ne se comportent pas de la même façon sous les deux régimes monétaires. La réaction du taux d'intérêt sous le régime de taux d'intérêt variable tend à atténuer l'impact des esprits animaux sur le mécanisme de transmission, ce qui en réduit la volatilité. Autrement dit, lorsque, suite à la politique d'expansion budgétaire, la banque centrale remonte le taux d'intérêt, elle diminue l'effet expansionniste de cette expansion, réduisant ainsi la probabilité que des esprits animaux positifs viennent renforcer la politique de relance budgétaire.

Figure 12 : Taux d'intérêt constant / taux d'intérêt variable

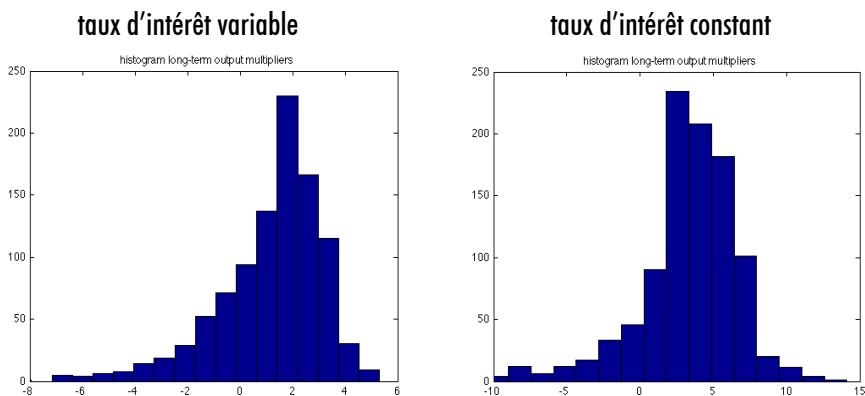


Au vu de ces résultats, il est clair que la probabilité est grande que l'on se retrouve avec une grande incertitude sur l'ampleur des effets de la politique budgétaire sur la production. Cette incertitude est encore plus prononcée dans le

scénario keynésien du taux d'intérêt constant. Ce scénario est aussi celui que l'on associe généralement au piège à liquidité (courbe LM horizontale). C'est l'hypothèse qui tend à donner le plus d'efficacité aux politiques budgétaires. Dans notre modèle, c'est aussi l'hypothèse qui débouche sur la plus grande incertitude concernant l'ampleur de ces effets.

Ces différences apparaissent également clairement si l'on compare les multiplicateurs de la politique budgétaire à long terme que l'on obtient en effectuant les mêmes simulations que dans la figure 12. Le choc de la politique budgétaire qui sous-tend les précédentes simulations consiste en une hausse temporaire de la demande (d'un écart-type). (L'exemple qui se rapproche le plus d'un tel choc est la prime à la casse, proposée dans de nombreux pays d'Europe et aux États-Unis depuis 2009). Cette hausse temporaire donne lieu aux effets de relance que l'on constate dans la figure 12. Afin d'obtenir les multiplicateurs à long terme, on additionne toutes les hausses (et les baisses) de la production consécutives à ce choc temporaire de la politique budgétaire. Ces multiplicateurs de la politique budgétaire de long terme sont mis en évidence dans la figure 13, sous les deux régimes de politique monétaire.

Figure 13 : Multiplicateurs de long terme de la politique budgétaire : distribution de fréquence



Il en ressort deux choses : premièrement, comme prévu les multiplicateurs de long terme de la politique budgétaire sont plus élevés sous le régime du taux

d'intérêt constant que sous le taux d'intérêt variable ; deuxièmement, l'incertitude qui entoure ces multiplicateurs de long terme est immense, et elle est particulièrement prononcée sous le régime du taux d'intérêt constant.

Il faut encore souligner ici que l'incertitude ici n'est pas de même nature que celle qui entoure les paramètres du modèle. On suppose exactement les mêmes paramètres dans toutes ces simulations. Autrement dit, ce n'est pas l'incertitude causée par l'utilisation de différents modèles avec différentes croyances a priori quant à l'efficacité des politiques budgétaires qui produit de l'incertitude. Celle-ci est due aux différences des conditions initiales (aux sentiments du marché). Ces différences dans les sentiments du marché ont un effet prononcé sur la façon dont un même choc de politique budgétaire se transmet à l'économie.

7. Conclusion

Le capitalisme se caractérise par une alternance de phases d'expansion et de phases de récession, c'est-à-dire que l'activité économique connaît souvent des périodes de forte croissance suivies de fortes baisses de l'activité. Par conséquent, la distribution de fréquence de l'écart de production (et de la croissance de la production) est non-normale, son coefficient d'aplatissement est trop élevé et ses queues sont trop épaisses, ce qui signifie que si l'on fonde ses prévisions sur la distribution normale, on risque de sous-estimer la probabilité que survienne à tout moment une forte augmentation ou diminution de l'écart de production.

Dans cet article, deux modèles différents ont été utilisés pour expliquer cette régularité empirique. L'un est le modèle DSEG, qui s'appuie sur l'hypothèse d'anticipations rationnelles, l'autre est un modèle comportemental, dans lequel les agents ont des capacités cognitives limitées. Ces limites contraignent les agents à recourir à des règles simples pour prévoir la production et l'inflation. On introduit de la rationalité dans ce modèle en supposant l'existence d'un mécanisme d'apprentissage qui permet de choisir les règles les plus rentables.

Dans le modèle DSGE, les phases d'expansion et de récession de grande ampleur ne peuvent s'expliquer que par des chocs exogènes de grande ampleur. Les rigidités de prix et de salaires engendrent alors des mouvements ondulatoires qui se propagent dans la production et l'inflation. C'est ainsi que les périodes d'expansion et de récession s'expliquent de manière exogène. Les queues de distribution épaisses

que l'on peut observer dans la distribution de fréquence de l'écart de production sont dues aux chocs importants qui frappent l'économie.

Notre modèle comportemental apporte une explication très différente. Le modèle comportemental engendre des corrélations entre les croyances, qui à leur tour engendrent des vagues d'optimisme et de pessimisme. Ces dernières donnent lieu à des cycles endogènes, qui ne sont pas très éloignés des esprits animaux keynésiens. À l'occasion, cette corrélation entre les croyances suscite un optimisme extrême (ce qui explique les phases d'expansion) suivi d'un pessimisme extrême (qui explique les récessions). Ainsi, le modèle comportemental apporte une explication endogène des aléas conjoncturels.

Dans les deux modèles, la politique de ciblage de l'inflation se révèle d'une grande importance pour stabiliser l'économie. Dans le modèle comportemental, cela découle du fait qu'un ciblage crédible de l'inflation contribue également à réduire les corrélations entre croyances et par là même les vagues auto-réalisatrices d'optimisme et de pessimisme qui leur font suite. Cependant, et c'est là où le modèle comportemental s'écarte du modèle à anticipations rationnelles, un ciblage strict de l'inflation ne constitue pas une politique optimale. Une certaine stabilisation de la production (assortie d'un objectif d'inflation crédible) contribue aussi à réduire la corrélation entre des croyances biaisées, et par conséquent la possibilité de l'émergence des vagues d'optimisme et de pessimisme qui déstabilisent la production et l'inflation.

On peut reprocher au modèle comportemental proposé dans cet article son « adhocité ». Il ne fait aucun doute que ce modèle présente des caractéristiques ad hoc, c'est-à-dire des hypothèses que l'on ne saurait fonder sur un principe plus profond, et qu'il faut donc prendre pour argent comptant. À la décharge de cette adhocité, il faut souligner une chose : une fois que l'on a quitté le monde rassurant des agents dont les capacités cognitives ne connaissent aucune limite, on ne saurait se passer d'hypothèses ad hoc. Cela tient au fait qu'il est impossible de comprendre pleinement la façon dont des agents aux capacités cognitives limitées traitent l'information. En revanche, la façon dont les individus parfaitement informés des modèles à anticipations rationnelles la traitent n'a pas de secret. Ils comprennent le modèle, il n'y a donc qu'une seule façon d'énoncer la façon dont ils forment leurs anticipations. Cela apporte sans doute une satisfaction intellectuelle au concepteur du

modèle, mais il n'est pas certain qu'un tel modèle soit très utile pour comprendre un monde dans lequel les capacités cognitives des agents sont très restreintes.

Ce qui constitue un réel inconvénient à propos du modèle présenté dans l'article, c'est qu'il ne prend pas en compte les marchés financiers et le secteur bancaire. On a pu constater que les marchés financiers étaient eux aussi saisis de mouvements d'optimisme et de pessimisme qui donnaient lieu à des bulles et à des effondrements. Il y aura intérêt à prolonger le modèle afin d'y intégrer ces caractéristiques pour observer la façon dont elles interagissent avec les esprits animaux analysés dans le présent article.

Références

- Akerlof, G. et R. Shiller (2009), *Animal Spirits. How Human Psychology Drives the Economy and Why It Matters for Global Capitalism*, Princeton, NJ : Princeton University Press.
- Anderson, S., A. de Palma et J.-F. Thisse (1992), *Discrete Choice Theory of Product Differentiation*, Cambridge, MA : MIT Press.
- Binder, M. et M.H. Pesaran (1996), « Multivariate rational expectations models and macroeconomic modeling: A review and some results », in M.H. Pesaran et M. Wickens (éd.), *Handbook of Applied Econometrics: Macroeconomics*, Oxford, Royaume-Uni : Blackwell Publishers.
- Branch, W. et G. Evans (2006), « Intrinsic heterogeneity in expectation formation », *Journal of Economic Theory*, 127, pp. 264–95.
- Branch, W. et G. Evans (2009), « Monetary policy with heterogeneous expectations », mimeo, Stanford University.
- Brazier, A., R. Harrison, M. King et T. Yates (2006), « The danger of inflating expectations of macroeconomic stability: Heuristic switching in an overlapping generations monetary model », document de travail n° 303, Banque d'Angleterre, août.
- Brock, W. et C. Hommes (1997), « A rational route to randomness », *Econometrica*, 65, pp. 1059–95.
- Christiano, L., M. Eichenbaum et C. Evans (2001), « Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy », document de travail n° 8403, NBER, juillet.
- Clarida, R., J. Gali et M. Gertler (1999), « The science of monetary policy, a new Keynesian perspective », *Journal of Economic Literature*, 37, pp. 1661–707.
- De Grauwe, P. et M. Grimaldi (2006), *The Exchange Rate in a Behavioural Finance Framework*, Princeton, NJ : Princeton University Press.
- Evans, G. et S. Honkapohja (2001), *Learning and Expectations in Macroeconomics*, Princeton, NJ : Princeton University Press.
- Gaspar, V., F. Smets et D. Vestin (2006), « Adaptive Learning, Persistence and Optimal Monetary Policy », document de travail n° 644, Banque centrale européenne.
- Howitt, P., (2008), « Macroeconomics with intelligent autonomous agents », in R. Farmer (éd.), *Macroeconomics in the Small and the Large: Essays on Microfoundations, Macroeconomic Applications and Economic History in Honor of Axel Leijonhufvud*, Cheltenham, Royaume-Uni, et Northampton, MA, États-Unis : Edward Elgar.
- Kahneman, D. et A. Tversky (1973), « Prospect theory: An analysis of decisions under risk », *Econometrica*, 47, pp. 313–27.

- LeBaron, B. et L. Tesfatsion (2008), « Modeling macroeconomies as open-ended dynamic systems of interacting agents », *American Economic Review (Papers & Proceedings)*, 98 (2), pp. 246–50.
- Milani, F. (2007), « Learning and time-varying macroeconomic volatility », mimeo, University of California, Irvine.
- Orphanides, A. et J. Williams (2004), « Robust monetary policy with imperfect information », Bureau des gouverneurs de la Réserve fédérale.
- Sargent, T. (1993), *Bounded Rationality in Macroeconomics*, Oxford : Oxford University Press.
- Smets, F. et R. Wouters (2003), « An estimated dynamic stochastic general equilibrium model », *Journal of the European Economic Association*, 1, pp. 1123–75.
- Svensson, L. (1997), « Inflation forecast targeting: Implementing and monitoring inflation targets », *European Economic Review*, 41, pp. 11–46.
- Tesfatsion, L. (2006), « Agent-based computational economics: A constructive approach to economic theory », in L. Tesfatsion and K. Judd (éd.), *Handbook of Computational Economics, Volume 2: Agent-Based Computational Economics*, Handbooks in Economics Series, Pays-Bas : North-Holland/Elsevier, printemps, pp. 831–80.
- Wieland, V. (2012), « Comparaison et robustesse des modèles : proposition pour l'analyse des politiques après la crise », in R.M. Solow et J.-P. Touffut (éd.), *Les bienfaits de la macroéconomie*, Albin Michel : Paris, à paraître.
- Woodford, M., (2003), « Interest and prices: Foundations of a theory of monetary policy », Princeton, NJ : Princeton University Press.
- Woodford, M. (2009), « Convergence in macroeconomics: Elements of the new synthesis », *American Economic Journal: Macroeconomics*, 1 (1), janvier, pp. 267–97.

Annexe : valeurs des paramètres du modèle calibré

Modèle heuristique

$pstar = 0;$	% objectif d'inflation de la banque centrale
$a1 = 0.5;$	% coefficient de la production attendue dans l'équation de la production
$a2 = -0.2;$	% a est l'élasticité de la demande de production par rapport au taux d'intérêt
$b1 = 0.5;$	% b1 est le coefficient de l'inflation attendue dans l'équation de l'inflation
$b2 = 0.05;$	% b2 est le coefficient de la production dans l'équation de l'inflation
$c1 = 1.5;$	% c1 est le coefficient de l'inflation dans l'équation de Taylor
$c2 = 0.5;$	% c2 est le coefficient de la production dans l'équation de Taylor
$c3 = 0.5;$	% paramètre du lissage du taux d'intérêt dans l'équation de Taylor
$\beta = 1;$	% divergence fixe entre les croyances
$\delta = 2;$	% composante variable au sein de la divergence entre les croyances
$\gamma = 1;$	% intensité du paramètre du choix
$\sigma1 = 0.5;$	% écart-type chocs de production
$\sigma2 = 0.5;$	% écart-type chocs d'inflation
$\sigma3 = 0.5;$	% écart-type chocs Taylor
$\rho = 0.5;$	% rho mesure la vitesse de diminution des pondérations dans les erreurs quadratiques moyennes (paramètre de la mémoire)

Modèle rationnel

$pstar = 0;$	% objectif d'inflation de la banque centrale
$a1 = 0.5;$	% coefficient de la production attendue dans l'équation de la production
$a2 = -0.2;$	% a est l'élasticité de la demande de production par rapport au taux d'intérêt
$b1 = 0.5;$	% b1 est le coefficient de l'inflation attendue dans l'équation de l'inflation
$b2 = 0.05;$	% b2 est le coefficient de la production dans l'équation de l'inflation
$c1 = 1.5;$	% c1 est le coefficient de l'inflation dans l'équation de Taylor
$c2 = 0.5;$	% c2 est le coefficient de la production dans l'équation de Taylor
$c3 = 0.5;$	% paramètre du lissage du taux d'intérêt dans l'équation de Taylor
$\sigma1 = 0.5;$	% écart-type chocs de production
$\sigma2 = 0.5;$	% écart-type chocs d'inflation
$\sigma3 = 0.5;$	% écart-type chocs Taylor