

# MoPoS – Un jeu de simulation de politique monétaire

par Yvan Lengwiler, Direction des études économiques,  
Banque nationale suisse, Zurich

Le logiciel MoPoS (MoPoS ci-après) est un jeu pour ordinateur dans lequel l'utilisateur joue le rôle d'une banque centrale et peut simuler la politique monétaire d'une économie virtuelle simple. L'objectif du jeu vise à introduire le joueur au fonctionnement de la macroéconomie et, surtout, aux possibilités et limites de la politique monétaire. Le logiciel peut être commandé sur disquette<sup>1</sup> ou téléchargé directement à partir du site Internet de la BNS. Il nécessite le programme Excel 97. L'utilisateur ne doit pas disposer de connaissances spécifiques préalables. Le logiciel offre de nombreuses possibilités d'emploi, si bien qu'il se prête notamment à l'enseignement de l'économie.

La simulation repose sur un modèle économique ne reflétant pas la situation d'un pays réel. Il en résulte qu'il n'est pas utilisé par la BNS pour préparer des décisions de politique monétaire ou des prévisions d'inflation.

Une banque centrale doit essentiellement faire face à deux difficultés. D'une part, les effets des mesures de politique monétaire ne se répercutent pas immédiatement sur l'économie, mais avec un décalage dans le temps. D'autre part, elle est confrontée à différentes formes d'incertitudes dans son analyse de la situation. D'importantes variables macroéconomiques sont sujettes à des fluctuations aléatoires. Elles sont également difficiles à mesurer avec précision et sont souvent révisées ultérieurement (le cas du produit national brut en est un exemple). Par ailleurs, les relations précises qui lient entre elles les variables économiques ne font pas l'unanimité des économistes, de sorte que la réaction de la banque centrale sera au mieux optimale, jamais idéale.

Le modèle d'une économie qui reproduit de façon plus ou moins réaliste la situation dans laquelle l'institut d'émission prend ses décisions doit comprendre un certain nombre de relations qui lient entre elles les principales variables macroéconomiques comme la production et les prix. Il doit également pouvoir montrer comment la banque centrale peut agir sur l'économie. De surcroît, ce modèle doit prendre en considération le fait que des événements imprévus, appelés chocs, se répercutent sur l'économie durant chaque période, la situation changeant ainsi continuellement. C'est pourquoi MoPoS utilise une simulation stochastique d'un modèle dynamique. La simulation stochastique prend en compte le grand nombre de chocs auxquels les variables du modèle sont soumises. Au cours de chaque période, des chocs sont tirés de distributions statistiques prédéterminées et leurs effets sont simulés à l'aide du modèle.

Les effets des nouveaux chocs se superposent donc continuellement aux effets tardifs des chocs antérieurs.<sup>2</sup>

Votre tâche consiste à stabiliser l'économie du modèle, c'est-à-dire à maintenir l'inflation à un niveau faible et à stabiliser la production. Pour influencer sur l'économie, vous disposez de l'instrument que constitue le taux d'intérêt; ce dernier doit être déterminé de manière à remplir aussi bien que possible votre tâche stabilisatrice. Vous apprendrez peu à peu comment réagir de manière optimale à des conjonctions déterminées de changements de prix et de production. Vous remarquerez également rapidement que des modifications trop abruptes des taux d'intérêt ne conduisent pas, en règle générale, à l'objectif et ne donnent pas de meilleurs résultats qu'une politique timide qui laisserait le taux inchangé durant de longues périodes.

Vous pouvez aussi laisser le soin à un *pilote automatique* de déterminer la politique monétaire. Celui-ci est un expert en politique monétaire qui fixe le taux d'intérêt en fonction de la situation économique du moment. En recourant à ce mécanisme automatique, vous pouvez suivre l'évolution des principales variables macroéconomiques sans devoir participer activement aux décisions.

Le jeu comprend deux possibilités d'utilisation, une simple et une avancée. Le programme démarre automatiquement la version simple. Nous recommandons aux utilisateurs débutants d'aborder le jeu sous cette forme. La version avancée est différente à deux égards: premièrement, des indications détaillées sur la situation macroéconomique sont fournies; deuxièmement, la version avancée vous permet d'influer sur la formulation du modèle de simulation; vous pouvez modifier la spécification de la fonction de réaction de la politique monétaire, adapter les valeurs des paramètres et fixer les propriétés des chocs.

1 La disquette peut être obtenue gratuitement en s'adressant à la Banque nationale suisse, Direction des études économiques, case postale, 8022 Zurich.

2 Ce logiciel contraste ainsi avec la description usuelle employée dans l'enseignement et dans laquelle les modifications de la politique monétaire et de la politique budgétaire sont analysées à l'aide de déplacements de courbes. Dans ce jeu, les étu-

diants perçoivent les effets de la politique monétaire au cours du temps et, partant, le dynamisme des processus.

## 1 Installation et informations techniques

MoPoS nécessite sous Microsoft Windows 95 (ou une version ultérieure) et Microsoft Excel 97. Aucune version pour Macintosh n'est à disposition et aucun test n'a été effectué avec Excel 2000. Nous vous recommandons d'utiliser un écran avec une résolution minimale de 800×600, de manière à pouvoir identifier toutes les commandes sans difficulté.

Pour vous procurer le logiciel sur Internet, connectez-vous à l'adresse [www.snb.ch](http://www.snb.ch), cliquez sur «f» pour obtenir la version française, choisissez la section «Publications», puis la section «MoPoS – Jeu de simulation». Vous y trouvez un lien qui vous permet de télécharger le fichier MoPoS.exe. Une fois ce fichier transféré sur votre disque dur, exécutez-le en cliquant deux fois sur son icône. Une boîte de dialogue apparaît alors (voir illustration 1). Sélectionnez Unzip pour copier tous les fichiers sur votre disque dur. Cette copie faite, l'installation est achevée.<sup>3</sup>

Vous pouvez commencer le jeu en ouvrant le fichier MoPoS.xls classé dans le répertoire MoPoS (par défaut, chemin d'accès C:\MoPoS) à l'aide du logiciel Excel. Selon la configuration de votre programme Excel, vous serez averti par une boîte de dialogue que des fichiers Excel avec macros peuvent contenir des virus. Dans ce cas vous devez, dans Excel, cliquer sur Enable Macros (dans la version anglaise) ou Activer les Macros (dans la version française) pour charger le fichier et commencer le jeu.

## 2 Le jeu dans sa version simple

### 2.1 Les principales commandes

Lors du démarrage du logiciel, vous obtenez la page control. Elle contient les éléments de commande, ainsi que toutes les informations, sous forme graphique, concernant la situation actuelle de l'économie qui est ici simulée. La page est divisée en cinq secteurs (voir illustration 2).

Les quatre graphiques du secteur ❶ résument la situation macroéconomique. Chaque graphique décrit l'évolution d'une variable importante pendant quarante trimestres, soit dix ans. Les lignes verticales subdivisent la période de dix ans en tranches de deux ans. En haut à gauche, vous trouvez la croissance économique réelle (**real output growth**), en haut à droite le taux d'inflation (**inflation**), en bas à gauche le taux d'intérêt réel (**real interest rate**)<sup>4</sup> et enfin, en bas à droite, le taux d'intérêt nominal (**nominal interest rate**). Les lignes épaisses dans les graphiques d'inflation et de production (output) représentent les variations (en pour cent) par rapport au trimestre correspondant de l'année précédente; les lignes fines les variations (en pour cent) par rapport au trimestre précédent, extrapolées sur un an.

Installation

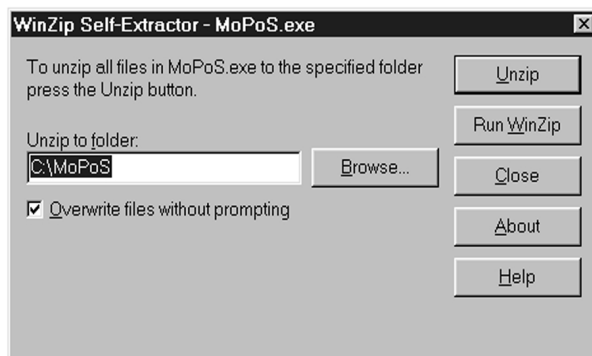


Illustration 1

<sup>3</sup> Les fichiers se trouvant dans C:\MoPoS sont MoPoS.xls, doc\_D.pdf, doc\_F.pdf, doc\_E.pdf, default.par, stronger link.par, longer lags.par, variable lag.par, stability.sim, recession.sim, inflation.sim, stagflation.sim, boom.sim, new economy.sim, stagnation.sim.

<sup>4</sup> Le taux d'intérêt réel est ici déterminé comme la différence entre le taux d'intérêt nominal et le taux d'inflation courant.

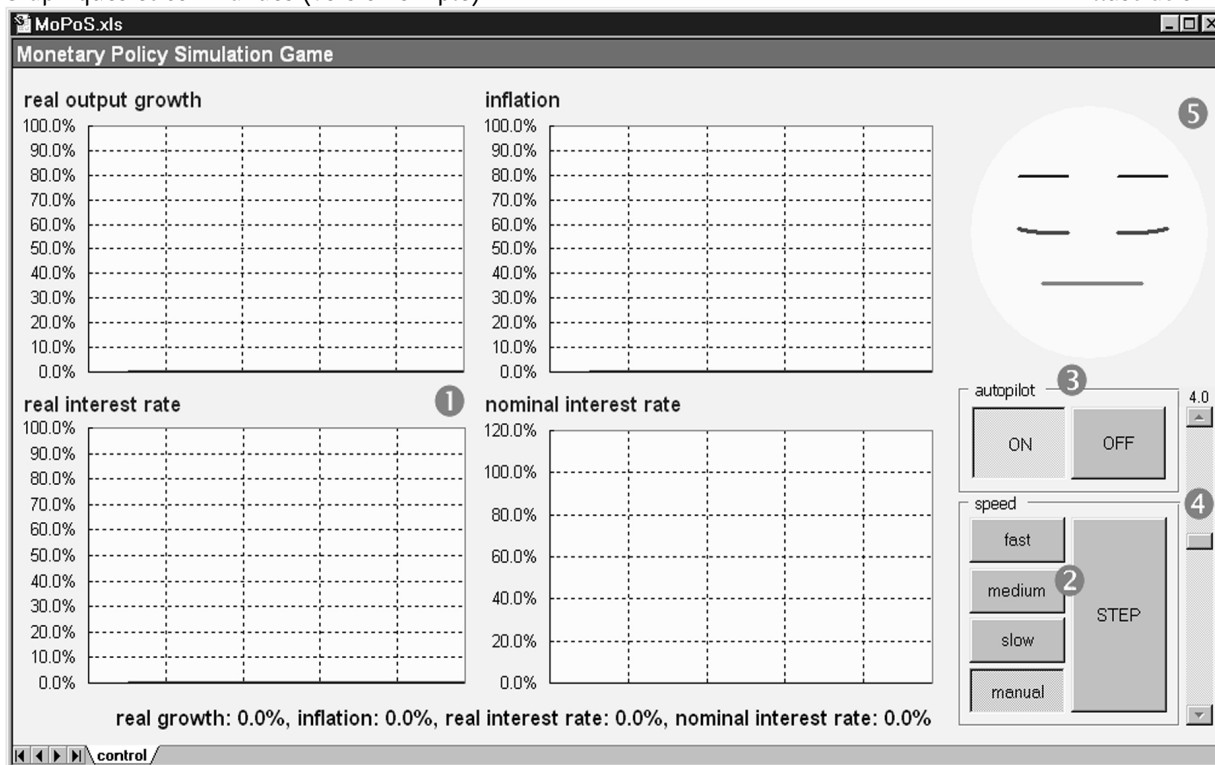
Les commandes du secteur ② permettent de déterminer à quelle vitesse la simulation doit avoir lieu. Si vous optez pour **fast**, de nouveaux chocs se produiront et le modèle sera simulé à nouveau toutes les deux secondes; si vous choisissez **medium** ou **slow**, ces événements auront lieu respectivement toutes les cinq ou dix secondes. En cliquant sur **PAUSE**, vous interrompez la simulation automatique; vous la remettez en marche en cliquant à nouveau sur **PAUSE**. Si vous optez pour **manual**, la commande **STEP** remplacera **PAUSE**. Dans ce cas, la simulation du pas suivant (donc du trimestre suivant), sera déclenchée en cliquant sur **STEP**.

Dans le secteur ③, vous pouvez choisir de mener vous-même la politique monétaire ou de vous en remettre au pilote automatique. En cliquant sur **ON**, vous déclenchez le pilotage automatique et vous pouvez ainsi observer l'évolution économique sans devoir participer activement à la simulation. En cliquant sur **OFF**, vous interrompez le pilotage automatique et pouvez dès lors déterminer vous-même la politique monétaire à l'aide de la barre de défilement ④. Cette dernière agit comme un accélérateur. En la poussant vers le haut, vous procurez des liquidités supplémentaires à l'économie et le taux d'intérêt nominal baisse. La valeur du taux d'intérêt nominal est indiquée au haut de la barre de défilement.

Le visage ⑤ reflète la satisfaction ou l'insatisfaction qu'éprouve l'opinion publique quant à la situation économique. Il sourit quand la croissance économique dépasse sa moyenne de long terme et que l'inflation est proche de zéro. Il s'assombrit de plus en plus lorsque la situation se détériore.

Graphiques et commandes (version simple)

Illustration 2



## 2.2 Les caractéristiques du modèle

Dans ce chapitre, nous examinerons les principales variables macroéconomiques et les relations essentielles qui les lient entre elles.<sup>5</sup>

Le *potentiel de production* est la production que l'économie peut réaliser lorsque les capacités techniques sont normalement utilisées. Si l'économie dispose de davantage de machines ou de meilleures machines, le potentiel de production augmente. Il s'accroît également si la quantité de main-d'œuvre augmente ou que le niveau de formation s'améliore. Dans le modèle, on suppose que le potentiel de production progresse en moyenne à un taux constant, la croissance pouvant s'écarter passagèrement et accidentellement de cette moyenne. De tels écarts sont notamment causés par des innovations techniques, par un changement de l'âge de la retraite ou par des migrations.

L'évolution du potentiel de production détermine l'évolution à long terme du revenu agrégé, ce qui lui donne une grande importance. En revanche, la production effective peut, à court terme, s'écarter du potentiel de production. Ces différences sont considérées comme des écarts (positifs ou négatifs) de production (*output gap*). En période d'expansion, la main-d'œuvre accomplit des heures supplémentaires, les machines tournent à plein régime et la production effective dépasse le potentiel de production. Durant une récession, le chômage augmente et les machines ne fonctionnent pas à capacité maximale, de sorte que la production effective est inférieure au potentiel de production. De telles fluctuations conjoncturelles s'étalant dans le temps, l'écart du prochain trimestre sera proche de l'écart actuel. Toutefois, d'autres facteurs que cette composante de temps influent aussi sur l'écart de production. Un de ces facteurs est le taux d'intérêt réel, c'est-à-dire le taux d'intérêt nominal qui s'applique à un crédit par exemple, moins le taux d'inflation attendu. Le taux d'intérêt réel mesure le coût d'utilisation du capital. S'il est bas, le crédit est bon marché. Par conséquent, les entreprises effectuent davantage d'investissements et les ménages se procurent davantage de biens de consommation durables, tels que les voitures. La demande globale augmente. Si le taux d'intérêt réel est élevé, le coût d'utilisation du capital est cher et la production est tôt ou tard inférieure à son potentiel. Par ailleurs, la production est influencée par de nombreux autres facteurs tels que les dépenses publiques, le taux de change réel, l'évolution de la conjoncture à l'étranger. Des changements concer-

nant ces facteurs sont appelés des chocs au niveau de la demande, car ils influent sur la demande globale des biens et services.

La production ne peut pas dépasser très longtemps son potentiel sans qu'il en résulte de l'inflation. La forte demande qui caractérise une expansion de l'économie permet aux entreprises de majorer les prix de leurs produits, ce qui accroît l'inflation. Inversement, une récession oblige les entreprises à faire des rabais et l'inflation diminue. C'est pourquoi le taux d'inflation devrait baisser pendant une récession. Cette relation entre le degré d'occupation de l'économie et l'inflation correspond à ce que les économistes appellent la *courbe de Phillips*, ainsi nommée d'après le nom de l'économiste néo-zélandais A. W. Phillips, qui l'a, le premier, formulée. De plus, des anticipations inflationnistes et des chocs au niveau des prix influent sur l'inflation. Une modification du taux de la taxe à la valeur ajoutée ou des changements au niveau des prix mondiaux de biens importants tels que le pétrole, sont des exemples de ce type de chocs. Dans notre modèle, les anticipations inflationnistes sont modélisées à l'aide d'une prévision obtenue à partir d'une régression statistique qui comprend la croissance de la masse monétaire, l'évolution de la production, et le taux d'inflation retardé comme variables explicatives.<sup>6</sup>

Le modèle est complété par une *règle de politique monétaire* qui détermine le taux d'intérêt nominal. La règle la plus connue est celle proposée par John Taylor en 1997. La *règle de Taylor* fait dépendre le taux d'intérêt nominal du taux d'intérêt réel, de l'écart entre l'inflation réalisée et le taux d'inflation visé, ainsi que de l'écart de production. Lorsque le logiciel fonctionne avec le pilote automatique, la politique monétaire est simulée à l'aide de cette règle de taux d'intérêt.<sup>7</sup>

5 Au chapitre 3.2, nous examinons ce modèle de manière plus détaillée et plus technique.

6 Une modélisation plus élégante aurait été de prendre, comme anticipation d'inflation, les taux d'inflation futurs calculés par le modèle. Un tel calcul d'anticipations inflationnistes demanderait toutefois une puissance de calcul qui dépasse les possibilités du logiciel Excel.

7 Une règle de feed-back de ce type ne décrit pas forcément la politique monétaire menée effectivement par une banque centrale. Elle n'est en tout cas celle qui a été menée par la Banque nationale suisse.

En pratique, la politique monétaire est encore rendue plus difficile par le fait que les statistiques économiques à la disposition de l'institut d'émission et du public sont révisées fréquemment. Le jeu en tient compte par le fait que les dernières observations de la production et de l'inflation sont entachées d'une certaine imprécision qui ne disparaît que quelques périodes plus tard.

Le mécanisme du modèle peut donc se décrire de la manière suivante. Des chocs aboutissent à des changements au niveau de la croissance économique et de l'inflation. Examinons par exemple le choc d'une appréciation de la monnaie nationale. Ceci a comme effet de réduire la demande au niveau des

exportations et, ainsi, la demande globale. L'écart de production diminue, atténuant par là l'inflation conformément aux prédictions de la courbe de Phillips. Si le taux d'intérêt nominal ne se modifiait pas, le ralentissement de la hausse des prix majorerait les taux d'intérêt réels et renforcerait donc les pressions à la baisse sur la production et l'inflation. Par conséquent, la banque centrale abaissera tôt ou tard les taux d'intérêt nominaux pour éviter la récession et la déflation. La baisse du taux d'intérêt nominal réduit le taux d'intérêt réel lorsque les anticipations au niveau des prix restent inchangées; elle prévient donc un affaiblissement de la conjoncture et le risque de déflation.

## Le piège à liquidité

Il peut arriver qu'une conjonction de politique monétaire et de chocs provoque une déflation, c'est-à-dire une baisse du niveau des prix. Ce taux d'inflation négatif implique – dans la mesure où il est anticipé – que le taux d'intérêt réel (taux d'intérêt nominal moins taux d'inflation anticipé) est supérieur au taux nominal. Le problème est que le taux d'intérêt nominal ne peut pas descendre au-dessous de zéro. Les investisseurs ont toujours la possibilité d'éviter la pénalité d'un taux d'intérêt nominal négatif en conservant leur argent sous forme de billets de banque.

Si l'on s'attend à une forte déflation, les taux d'intérêt réels peuvent monter à un niveau considérable et la banque centrale n'a pas la possibilité d'exercer des pressions sur les taux réels en abaissant les taux nominaux. La liquidité supplémentaire qu'elle injecte dans l'économie est thésaurisée et ne peut donc pas stimuler l'économie; celle-ci est tombée dans le *piège à liquidité*.

Les opinions divergent quant à savoir si le piège à liquidité représente davantage qu'une possibilité purement théorique. Cette théorie a été avancée par divers économistes pour expliquer la crise économique mondiale des années trente. Toutefois, elle a été de plus en plus discréditée lorsqu'on en n'a plus trouvé d'exemple concret. Récemment, Krugman (1998, 1999) y est toutefois revenu pour expliquer l'évolution économique du Japon dans les années quatre-vingt-dix.

Pour différentes raisons, le modèle MoPoS a beaucoup plus tendance à tomber dans le piège à liquidité que l'économie réelle. Dans son principe, le piège à liquidité postule que les rendements de tous les placements liquides sont nuls (Brunner et Meltzer, 1968). Le modèle utilisé pour les simulations du MoPoS ne dispose cependant que d'un seul taux d'intérêt. Il est donc beaucoup plus probable de tomber dans le piège à liquidité avec MoPoS que dans un modèle plus sophistiqué où coexiste un grand nombre de marchés financiers. Keynes (1936) a proposé une politique budgétaire expansive pour faire face au piège à liquidité. A ses yeux, une augmentation des dépenses publiques peut stimuler la demande globale et partant, faciliter un «retour vers la stabilité des prix». Svensson (2000) a proposé récemment une autre solution qui est celle d'une dévaluation de la monnaie. Comme notre modèle se base sur une économie fermée sans secteur public, il échappe aux deux types de mesures.

Par conséquent, notre modèle de simulation MoPoS ne permet pas d'illustrer le cas d'une économie réelle prise dans un piège à liquidité. Dès que l'économie ici simulée est tellement enfoncée dans le piège à liquidité qu'aucun choc n'est assez grand pour l'en libérer, vous n'avez plus d'autre solution que d'interrompre la simulation et de commencer un nouveau jeu.

## 2.3 Scénarios de politique monétaire

Nous allons maintenant décrire quatre scénarios caractéristiques de politique monétaire. L'objectif pour le joueur consiste à faire varier le taux d'intérêt de façon à maintenir une bonne situation économique, à prévenir à temps une menace ou à corriger un problème existant avec le moins de heurts possibles.

Pour chaque scénario, nous avons préparé un ensemble de données qui peut être téléchargé avec Simulator ► Load Simulation... Pour fixer vous-même le taux d'intérêt, interrompez le pilotage automatique en pressant sur **OFF**. Le mieux est de commencer par **fast**, afin de vous faire une idée de la dynamique de la simulation. Ultérieurement, vous pourrez de nouveau charger les données et jouer avec **manual**, vous donnant ainsi un temps de réflexion pour chaque décision à prendre.

*Scénario 1: croissance économique équilibrée.* Chargez *stability.sim*. Ces dix dernières années, l'économie s'est développée de manière fort réjouissante. L'inflation a varié entre 2 et 3% et se chiffre maintenant à 1,7%. La croissance économique réelle a fluctué entre 0 et 3%; les 1,7% atteints actuellement sont proches du potentiel de croissance de 1,5%. Essayez de maintenir l'économie sur cette voie.

*Scénario 2: mettre fin à l'inflation.* Chargez *inflation.sim*. Le taux d'inflation est monté à 7,1%. En six ans, ramenez l'inflation à un niveau supportable. La récession doit être aussi faible que possible. Veillez à ne pas basculer dans la déflation après avoir combattu l'inflation avec succès.

*Scénario 3: mettre fin à la récession.* Chargez *recession.sim*. Nous nous trouvons en récession. Efforcez-vous d'accélérer le processus de reprise en assouplissant la politique monétaire. Evitez cependant de tomber dans l'inflation.

*Scénario 4: atterrissage en douceur.* Chargez *boom.sim*. L'économie croît rapidement. L'inflation n'est pas hors contrôle. Bien au contraire, elle est même passée récemment de plus de 3,5% à 2,1%. Toutefois, l'ampleur de l'expansion pourrait comporter un certain risque d'inflation. Efforcez-vous de freiner un peu la conjoncture avant que l'inflation ne s'accélère. Evitez toutefois d'aboutir à une récession ou à une déflation.<sup>8</sup>

Vous pouvez élaborer autant de différents scénarios aléatoires que vous voulez avec Simulator ► Generate Random Scenario. Vous pouvez sauvegarder ces scénarios et leur donner un nom grâce à Simulator ► Save Simulation...

<sup>8</sup> Dans le répertoire MoPoS, vous trouverez trois autres scénarios: *stagflation.sim*, *new economy.sim*, *stagnation.sim*.

### 3 Le jeu dans sa version avancée

#### 3.1 Commuter sur d'autres éléments de commande et d'information

Le logiciel offre une série d'autres fonctions et possibilités. Afin de pouvoir les utiliser, vous devez commuter sur la «version avancée». Pour ce faire, sélectionnez au menu Simulator ► Advanced Mode. Sur votre écran apparaît alors la feuille advanced control.

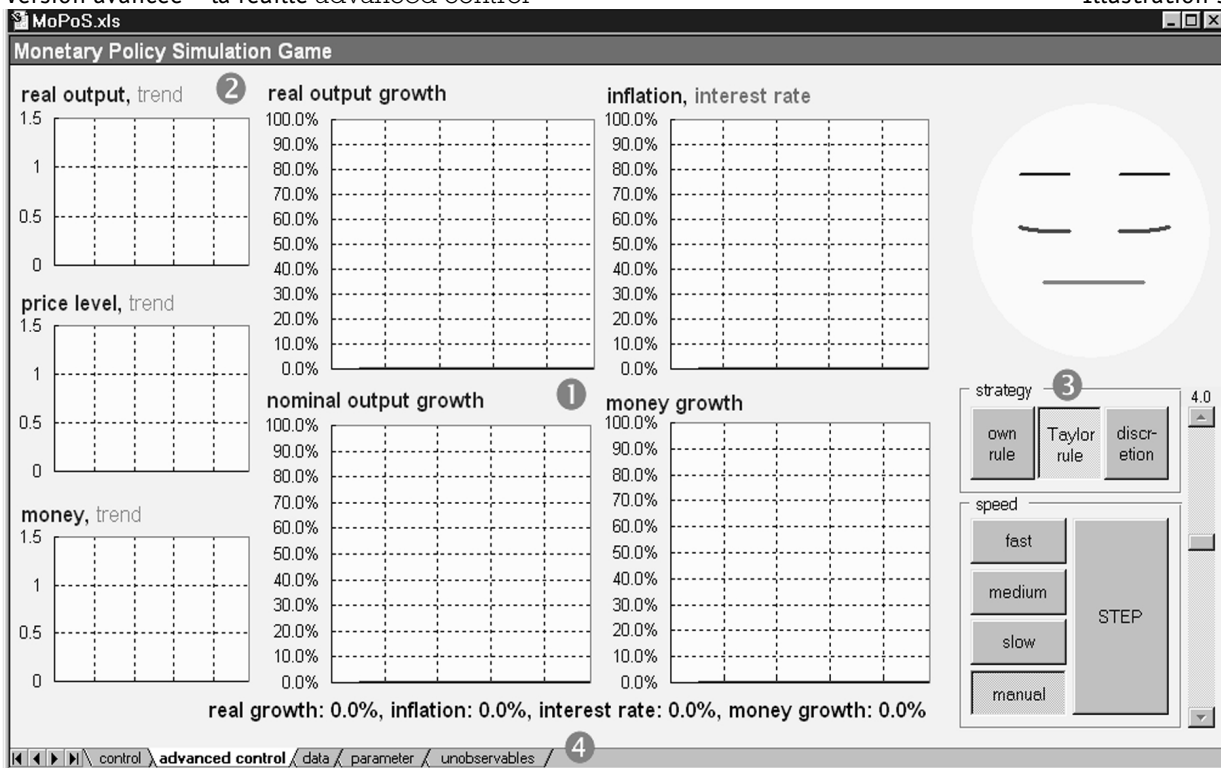
De la feuille control à la feuille advanced control, le nombre de graphiques passe de quatre à sept. La nouvelle feuille montre l'évolution de la croissance nominale de la production (**nominal output growth**), ainsi que de la croissance de la masse monétaire (**money growth**) ❶. Figurent également comme nouveautés les représentations du niveau de la production (**real output**), du niveau des prix

(**price level**) et de la masse monétaire (**money**), ainsi qu'une indication de la croissance tendancielle de ces trois variables<sup>9</sup> ❷. Contrairement à la feuille control, la feuille advanced control ne comporte plus de graphique séparé du taux d'intérêt réel. Celui-ci peut toutefois être lu dans le graphique en haut à droite de l'illustration en tant que différence entre le taux d'intérêt nominal (ligne verte) et le taux d'inflation (ligne bleue).

La croissance de la masse monétaire et celle de la production nominale ont été introduites comme variables supplémentaires en raison de l'importance qu'elles revêtent en tant qu'indicateurs conjoncturels pour les banques centrales et des observateurs particuliers. De plus, divers économistes ont suggéré que la politique monétaire devrait se conformer à certaines règles axées soit sur la croissance nominale de la production, soit sur la croissance de la masse monétaire (voir également le chapitre 3.3)<sup>10</sup>.

Version avancée – la feuille advanced control

Illustration 3



9 Les variables en niveau sont exprimées en logarithme.

10 Voir Friedman (1959) au sujet de la proposition d'un objectif de la masse monétaire.



La deuxième différence entre les versions simple et avancée concerne les commandes permettant le choix d'une stratégie ③. Les touches **ON** et **OFF** s'appellent maintenant **Taylor rule** et **discretion**. La nouvelle dénomination s'explique par la troisième possibilité offerte, celle d'une **own rule**. Vous pouvez ainsi programmer votre propre pilote automatique (votre propre fonction de réaction de politique monétaire), et l'utiliser pour effectuer une simulation (voir chapitre 3.3).

La troisième différence par rapport à la version simple concerne le nombre de feuilles visibles ④. Dans la version avancée, vous disposez, outre des feuilles *advanced control* et *control*, de trois autres feuilles. La feuille *data* indique les valeurs simulées des principales variables du modèle sous une forme numérique. Sur cette feuille, vous pouvez faire vos propres calculs ou établir des graphiques. Il y figure déjà un graphique qui confronte l'écart de production avec le taux d'inflation (courbe de Phillips).<sup>11</sup> Vous pouvez aussi tracer des régressions avec ces données (avec le «Analysis ToolPak Add-In» d'Excel). La feuille *parameter* indique les équations du modèle et les valeurs des paramètres. Vous pouvez ici modifier les paramètres du modèle et les propriétés statistiques des chocs. Finalement, la feuille *unobservables* montre des données que ni le public ni la banque centrale ne peuvent observer dans le monde réel. Il s'agit notamment des chocs, des erreurs d'observation et des anticipations inflationnistes.

La dernière différence par rapport à la version simple concerne le menu *Simulator* dans la barre de menus d'Excel. En plus des fonctions offertes dans la version simple, des combinaisons de paramètres peuvent être sauvées par *Simulator* ► *Save Parameter*. Une simulation peut également être déclenchée pour une période fixe de 10 ans au moyen de *Run Simulation for 10 Years*. De plus, une valeur de départ («seed number») peut être indiquée de manière à ce qu'une série de chocs engendrée par le générateur de chiffres aléatoires puisse être réutilisée à volonté (*Generate Random Scenario* ► *Choose Seed...*). Cette possibilité s'avère particulièrement importante s'il y a lieu de comparer les performances des diverses variables du modèle les

unes aux autres. En outre, un nouveau scénario peut être généré de deux manières.<sup>12</sup> Par *Generate Random Scenario* ► *...with Static Expectations*, l'inflation prévue est fixée comme égale à l'inflation actuelle; ainsi,  $\lambda = 0$  dans l'équation d'anticipation (voir chapitre 3.2, équation 4). Dans *Generate Random Scenario* ► *...with Least Squares Expectations*, le paramètre  $\lambda$  correspond à la valeur indiquée sur la feuille *parameters*. La simulation avec des anticipations statistiques nécessite peu de temps de calcul, ceci constituant un avantage avant tout lorsque l'ordinateur à disposition est lent.<sup>13</sup> Dans la plupart des cas, la pénalité en terme de précision des résultats est minime.

11 En raison des chocs et des anticipations inflationnistes, il en résulte un schéma qui ressemble plus à une boucle qu'à une courbe. De nombreux manuels de macroéconomie présentent de telles boucles qui découlent de statistiques des Etats-Unis: Dornbusch, Fischer et Startz

(1998, p. 116), Hall et Taylor (1997, p. 465) et Mankiw (1992, p. 306). Dornbusch et consorts ainsi que Mankiw utilisent, pour leurs graphiques, la croissance économique et le taux de chômage à la place de l'écart de production.

12 Nous distinguons le scénario de la simulation proprement dite. En arrière-fond, le logiciel effectue tout d'abord une simulation sur quarante ans qui fournit le scénario. Les dix dernières années de ce scénario apparaîtront au début de l'exercice de simulation proprement dit sur les feuilles *control* et *advanced control*. En d'autres termes, le scénario reflète le passé, à savoir l'évolution de l'économie avant le début de la simulation proprement dite. Les dernières valeurs du scénario servent de valeurs de départ de la simulation.

13 Le scénario dans la version simple, qui constitue le point de départ des simulations, se calcule toujours au moyen d'anticipations statiques.

## 3.2 Le modèle en détail

Pour pouvoir profiter pleinement du modèle en version avancée, des connaissances précises des équations du modèle sont nécessaires. Il a été esquissé au chapitre 2.2 et est ici commenté en détail.

### Equations du modèle

La simulation est basée sur un modèle simple et traditionnel d'une économie fermée. La plupart des équations sont pourvues d'un facteur de perturbation. L'unité de temps est un trimestre. Exception faite du taux d'intérêt et du taux d'inflation, toutes les variables sont exprimées en logarithmes.

Le *noyau* du modèle consiste en une équation de la courbe de Phillips qui détermine l'inflation, en une équation de l'écart de production qui détermine la production, en une tendance stochastique qui génère la production potentielle, ainsi qu'en une équation qui détermine les anticipations inflationnistes. Récemment, Romer (2000) a estimé qu'un tel modèle comprenait l'essentiel de la théorie macroéconomique actuelle.<sup>14</sup>

$$(1) \Delta y^* = g + \text{choc},$$

$$(2) \pi = E\{\pi\} + \left[ \sum_{t=0}^4 \alpha_t \cdot (y_{-t} - y_{-t}^*) \right] \cdot 4 + \text{choc},$$

$$(3) y - y^* = \phi \cdot (y_{-1} - y_{-1}^*) - \sum_{t=0}^4 \beta_t \cdot (i_{-t} - E\{\pi_{-t}\} - r_{-t}^*) + \text{choc},$$

$$(4) E\{\pi\} = \lambda \cdot \pi^{ols} + (1 - \lambda) \cdot \pi_{-1}.$$

Selon l'équation (1), la production potentielle,  $y^*$ , augmente chaque trimestre de  $g$  plus un facteur de perturbation aléatoire (choc potentiel). Dans l'installation standard des paramètres,  $g$  est égal à 0,375%, de sorte que le potentiel de production croît en moyenne de 1,5% par an.

L'équation (2) est la courbe de Phillips déterminant le taux d'inflation. Les surprises relatives à l'inflation, c'est-à-dire les écarts du taux d'inflation par rapport à l'inflation anticipée,  $\pi - E\{\pi\}$ , sont une fonction de l'écart actuel et des écarts des quatre derniers trimestres. On multiplie par quatre les effets des écarts sur le taux d'inflation, car  $\pi$  et  $E\{\pi\}$  sont des taux de variation trimestrielle convertis en taux annuels. Toutes les autres influences font partie du facteur de perturbation aléatoire (chocs au niveau des prix).

14 Toutefois, son modèle ne comprend pas de croissance tendancielle du potentiel de production. Notre modèle de simulation est donc un peu plus compliqué que le sien.

L'équation (3) détermine la demande agrégée. Elle prévoit que l'écart de production  $y - y^*$  comprend tout d'abord une composante autorégressive (l'écart d'hier détermine partiellement celui d'aujourd'hui). De plus, la somme pondérée des écarts actuels et différés du taux d'intérêt réel  $i - E\{\pi\}$  par rapport à un taux d'intérêt réel neutre  $r^*$  influe sur l'écart de production. Le facteur de perturbation résume l'ensemble des chocs au niveau de la demande.

L'équation (4) détermine la formation des anticipations. L'inflation prévue,  $E\{\pi\}$ , est une combinaison convexe de l'inflation de la période précédente,  $\pi_{-1}$ , et d'une prévision d'inflation,  $\pi^{ols}$ , basée sur une simple équation de régression qui comprend, comme variables explicatives, l'inflation, la croissance économique réelle, ainsi que la croissance de la masse monétaire des quatre derniers trimestres.<sup>15</sup>

Le modèle comprend en outre un bloc de contrôle qui détermine l'attitude de la banque centrale. Ce bloc comprend trois équations:

$$(5) r^* = r^{**} + \text{choc},$$

$$(6) i = \text{taux d'intérêt visé} + \text{choc},$$

$$(7) \text{taux d'intérêt visé} = r^{**} + (p - p_{-4}) + \tau_\pi \cdot (p - p_{-4} - \pi^*) + \tau_y \cdot E\{gap\}.$$

$r^*$  est le taux d'intérêt réel neutre de l'équation (3). Nous supposons, (5), que ce taux d'intérêt fluctue stochastiquement aux environs de  $r^{**}$ . Dans l'installation standard de MoPoS,  $r^{**}$  est égal à 2%.

L'équation (6) tient compte du fait que la banque centrale ne peut pas, en règle générale, atteindre exactement le taux d'intérêt visé. Le taux d'intérêt effectif,  $i$ , est donc égal au taux d'intérêt visé plus une erreur de contrôle.

L'équation (7) est la règle de feed-back monétaire de Taylor (1997). La politique monétaire réagit ainsi systématiquement à l'écart de production prévu,  $E\{gap\}$ , et à l'écart entre l'inflation annuelle et l'objectif d'inflation,  $p - p_{-4} - \pi^*$ . L'écart de production ne pouvant pas être observé<sup>16</sup>, il est estimé comme la différence entre le logarithme de la production et sa tendance linéaire.  $r^{**}$  est le taux d'intérêt réel neutre moyen,  $p - p_{-4}$  est le taux d'inflation annuelle et  $\pi^*$  est le taux d'inflation visé. Les paramètres de la règle proposés par Taylor sont  $\tau_\pi = \tau_y = 1/2$  et  $\pi^* = 2\%$ .

15 Pour chaque période, l'équation de prévision permettant de calculer  $\pi^{ols}$  est estimée à nouveau. Il peut arriver que cette régression défaille pour des raisons de colinéarité. Dans ce cas,  $\lambda$  est temporairement fixé à zéro.

16 L'écart de production ne peut pas être observé exactement, le potentiel de production étant très difficile à estimer en pratique.

*Erreurs d'observation.* Ni le public ni la banque centrale ne disposent de statistiques économiques parfaitement fiables. Les données afférentes à l'activité économique générale et au niveau des prix (déflateur du produit national brut) sont soumises à plusieurs révisions. Même les chiffres définitifs sont des estimations et non des mesures exactes.<sup>17</sup> Pour en tenir compte, nous supposons que l'observation de la production réelle actuelle,  $y$ , et du niveau actuel des prix,  $p$ , est tout d'abord inexacte et que les vraies valeurs ne sont disponibles qu'avec un certain retard (quatre trimestres avec l'installation standard du logiciel).

$$(8) \quad \begin{cases} p \text{ observé} = \begin{cases} p + \text{choc avant la révision,} \\ p & \text{après la révision} \end{cases} \\ y \text{ observé} = \begin{cases} y + \text{choc avant la révision,} \\ y & \text{après la révision} \end{cases} \end{cases}$$

Le modèle est complété par un *bloc monétaire*,

$$(9) \quad m - p = \gamma \cdot y - \delta \cdot i + v,$$

$$(10) \quad \Delta v = w + \text{choc},$$

$$(11) \quad p = p_{-1} + \pi/4.$$

L'équation (9) décrit l'équilibre sur le marché monétaire (courbe LM). La demande monétaire réelle augmente avec le revenu réel et diminue avec le taux d'intérêt nominal. Conformément à l'équation (10), le paramètre qui fixe la position de la courbe LM,  $v$ , croît à un taux stochastique de  $w$  en moyenne. Ceci implique que la vitesse de la circulation de la monnaie a une tendance linéaire. L'équation (11) définit le niveau des prix.

Notez que la production et le niveau des prix peuvent être également déterminés sans les équations (9) et (10). La masse monétaire joue un rôle largement passif. Elle n'agit sur les autres variables que par l'équation de prévision des anticipations inflationnistes, dans laquelle elle figure comme variable explicative. La raison du rôle passif de la masse monétaire découle de notre hypothèse que l'institut d'émission contrôle le taux d'intérêt, de sorte que la masse monétaire est endogène.<sup>18</sup> Néanmoins, la masse monétaire peut être un indicateur utile de la politique monétaire. Comme nous avons supposé que la demande de monnaie est une fonction des vraies valeurs de  $p$  et  $y$ , non faussées par les erreurs d'observation, la masse monétaire contient des informations que l'on ne peut obtenir par ailleurs. Si l'on veut conférer à la masse monétaire un rôle déterminant dans la formulation de la politique

monétaire dans le jeu avec le pilote automatique, la fonction de réaction de la politique monétaire doit également être modifiée (voir chapitre 3.3).

Le dernier élément du modèle est une *fonction de prospérité sociale*. Elle détermine l'expression du visage sur les feuilles *control* et *advanced control*,

$$(12) \quad \text{expression} = (1 - w) \cdot (y - y_{-4} - 4 \cdot g) - w \cdot |p - p_{-4}|.$$

Le visage sourit lorsque la croissance économique réelle annuelle,  $y - y_{-4}$ , dépasse la moyenne annuelle de long terme et que le niveau des prix est quasiment constant. La mine s'assombrit lorsque le taux de croissance est bas, voire négatif, et que le taux d'inflation s'écarte sensiblement de zéro vers le haut ou vers le bas.

### Chocs autorégressifs

Tous les chocs des équations du modèle sont déterminés par un processus AR(1). Il en résulte qu'une partie du choc de la période précédente,  $\text{choc}_{-1}$ , influence le choc de la période actuelle,

$$(13) \quad \text{choc} = \rho \cdot \text{choc}_{-1} + \text{innovation}.$$

$\rho$  constitue le coefficient d'autocorrélation. Si  $\rho > 0$ , un choc positif suivra probablement le choc positif de la prochaine période; si  $\rho < 0$ , il faut s'attendre plutôt à un choc négatif après le choc positif. Si  $\rho = 0$ , le choc actuel ne dépend pas de celui de la période précédente; si  $\rho = 1$ , les innovations du passé contaminent pour toujours le choc, le processus a donc une mémoire parfaite (*marche aléatoire*). Si  $\rho > +1$  ou que  $\rho < -1$ , les chocs deviennent toujours plus importants et le système explose.

L'illustration 4 montre des processus autorégressifs avec différents  $\rho$ . Ni la banque centrale ni le public ne peuvent observer les chocs. Cependant, il peut être instructif pour le joueur de considérer de plus près la suite des chocs que subit notre économie virtuelle au cours de la simulation. Vous trouverez ces informations sur la feuille *unobservables*. Pour comprendre le mécanisme du modèle en détail, il convient d'examiner ces données. Vous pouvez notamment comparer sur cette feuille le véritable écart de production avec l'écart estimé, utilisé pour la règle de Taylor. Celui-ci est calculé comme différence entre la production observée et une tendance linéaire estimée. Le troisième graphique de la feuille *unobservables* indique l'évolution de ces deux valeurs. Il est intéressant d'observer que cette estimation de l'écart est souvent peu sûre (Orphanides et van Norden, 1999).

17 Voir Orphanides (2000) et les travaux cités relatifs à l'analyse des implications de telles erreurs de mesure pour la politique monétaire.

18 Une autre solution serait de supposer que l'institut d'émission contrôle la masse monétaire; le taux d'intérêt serait alors endogène. Le taux d'intérêt et la masse monétaire sont en effet les deux faces de la même médaille.

En règle générale, les innovations des processus de chocs autorégressifs ont une distribution normale. Font exception les chocs potentiels, ainsi que les chocs au niveau de demande et des prix; ceux-ci permettent une distribution plus générale des innovations. De telles distributions générales peuvent être établies par la fonction XSHOCK (voir les explications relatives à la fonction XSHOCK en annexe), qui permet de fixer le paramètre d'aplatissement («kurtosis»).

Dans l'installation standard de MoPoS, les paramètres de kurtosis des chocs potentiels et des chocs au niveau de la demande,  $k_y$  et  $k_d$ , sont égaux à zéro, de sorte que les innovations ont une distribution normale dans l'équation potentielle et dans l'équation de l'écart de production. En revanche, les innovations de l'équation d'inflation (courbe de Phillips) ont un kurtosis légèrement plus élevé (paramètre  $k_\pi = 0,3$ ). Il en découle que des innovations d'inflation de grande taille sont réalisées plus fréquemment qu'avec une distribution normale à même variance.

### Calibrage

On nomme «calibrage» l'adaptation des paramètres du modèle et des propriétés stochastiques des processus de choc de manière à ce que le modèle produise des résultats simulés qui soient comparables statistiquement avec une économie réelle. Les paramètres ont tout d'abord été choisis de manière plausible, puis quelques paramètres importants ont été modifiés graduellement de manière à obtenir des simulations réalistes.<sup>19</sup>

Pour certaines combinaisons de paramètres, des simulations du jeu peuvent déjà aboutir à un piège à liquidité en peu de temps. La politique monétaire est impuissante dans ce cas. Elle ne parvient plus à faire sortir l'économie du modèle de la dépression (voir

encadré). Même si notre choix s'est porté sur des paramètres pour lesquels ce problème ne joue pas un rôle trop important, le piège à liquidité est toutefois un phénomène plus fréquent dans MoPoS que dans le monde réel.

## 3.3 Applications et extensions

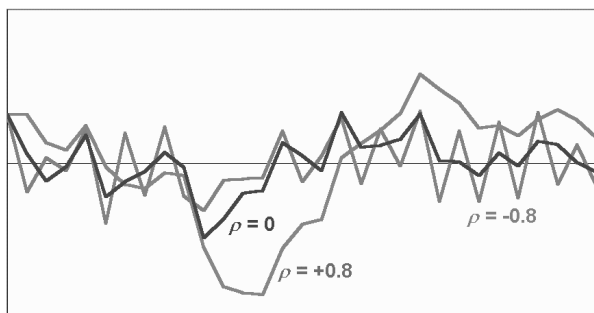
Ce chapitre illustre comment les possibilités de la version avancée peuvent être utilisées. Les exemples comprennent notamment la mise en œuvre de règles de politique monétaire propres, la comparaison de simulations stochastiques avec différentes variantes du modèle et l'introduction de l'incertitude au niveau des paramètres du modèle.

### Expérimenter avec les paramètres

Sur la feuille `parameters`, vous pouvez fixer tous les paramètres qui déterminent le comportement du modèle de simulation. Vous pouvez sauvegarder une combinaison de paramètres avec Simulator ► File ► Save Parameter... et charger au moyen de Simulator ► File ► Load Parameter... Le fichier `default.par` comprend les paramètres standards.

Les expériences faites avec des paramètres différents vous renseignent sur les effets de paramètres déterminés. Vous pouvez par exemple prolonger les décalages temporels par lesquels le taux d'intérêt réel agit sur l'écart de production qui, à son tour, influe sur le taux d'inflation. Le tableau 1, par exemple, montre les paramètres standards ainsi que ceux du fichier `longer lags.par`.

Chiffres aléatoires en autocorrélation Illustration 4



<sup>19</sup> Des calibrages peuvent être enregistrés dans un fichier de paramètres au moyen de Simulator ► File ► Save Parameters.... Les propriétés statistiques des simulations avec les propriétés statistiques de l'économie suisse ou d'une autre économie n'ont pas été systématiquement comparées. De nom-

breux autres calibrages sont donc probablement aussi plausibles et il est certainement possible d'en trouver un meilleur. Si vous en trouvez un qui fonctionne particulièrement bien (effectue des simulations réalistes ou décrit une économie réelle concrète), nous vous serions reconnaissants de bien vouloir nous envoyer le

fichier de paramètres à l'adresse e-mail suivante: [yvan.lengwiler@snb.ch](mailto:yvan.lengwiler@snb.ch).

STANDARD	VARIANTE
$\alpha_0 = 0$	$\alpha_0 = 0$
$\alpha_1 = 0.02$	$\alpha_1 = 0$
$\alpha_2 = 0.03$	$\alpha_2 = 0.01$
$\alpha_3 = 0.01$	$\alpha_3 = 0.03$
$\alpha_4 = 0$	$\alpha_4 = 0.02$
$\beta_0 = 0.02$	$\beta_0 = 0$
$\beta_1 = 0.06$	$\beta_1 = 0.01$
$\beta_2 = 0.03$	$\beta_2 = 0.05$
$\beta_3 = 0.01$	$\beta_3 = 0.04$
$\beta_4 = 0$	$\beta_4 = 0.02$

Une autre expérience consiste à renforcer l'interdépendance entre les équations qui déterminent l'écart de production et l'inflation. Il en résulte qu'un choc d'une équation se transmet avec davantage de force sur l'autre équation. Le tableau 2, par exemple, montre les paramètres standards ainsi que ceux du fichier `stronger link.par`.

STANDARD	VARIANTE
$\alpha_0 = 0$	$\alpha_0 = 0$
$\alpha_1 = 0.02$	$\alpha_1 = 0.03$
$\alpha_2 = 0.03$	$\alpha_2 = 0.04$
$\alpha_3 = 0.01$	$\alpha_3 = 0.02$
$\alpha_4 = 0$	$\alpha_4 = 0$
$\beta_0 = 0.02$	$\beta_0 = 0.03$
$\beta_1 = 0.06$	$\beta_1 = 0.07$
$\beta_2 = 0.03$	$\beta_2 = 0.04$
$\beta_3 = 0.01$	$\beta_3 = 0.02$
$\beta_4 = 0$	$\beta_4 = 0$

Les deux variantes rendent la stabilisation de l'économie plus difficile. La politique monétaire devient aussi plus malaisée si la persistance des chocs (les divers  $\rho$ ) ou les composantes autorégressives de l'écart (paramètre  $\phi$ ) augmentent. Dans ces cas de figure, la probabilité que le modèle tombe dans un piège à liquidité s'accroît également. De grandes variances des innovations, un objectif d'inflation ambitieux ou une règle de feed-back agressive (coefficients  $\tau$  de la règle de Taylor élevés) exercent des effets analogues.

### Règles de politique monétaire propres

Sur la feuille `data`, vous pouvez définir votre propre fonction de réaction de politique monétaire en inscrivant dans le champ F4 une formule de taux d'intérêt visé. Vous fixez ce taux comme objectif en cliquant **own rule** sur la feuille `advanced control`. Vous pouvez spécifier la formule de votre choix et, ce faisant, utiliser des données à votre gré en les sélectionnant sur les feuilles `data`, `parameters` ou `unobservables`. Toutefois, il vous faut garder à l'esprit qu'une règle de politique monétaire utilisant des données de la feuille `unobservables` n'est pas opérationnelle en pratique puisque ni la banque centrale ni le public ne connaissent ces données.

La formule du champ F4 de la feuille `data` par exemple est une règle de Taylor enrichie d'un argument qui modère l'évolution du taux d'intérêt. A chaque fois, celui-ci ne sera modifié que pour moitié de la mesure fixée par la règle de Taylor initiale. On peut ainsi éviter des mouvements de taux erratiques. La règle devient cependant moins souple alors que des décisions claires de politique monétaire s'imposeraient.

Essayez par exemple de développer une règle qui stabilise la croissance de la production nominelle ou de la masse monétaire.

### Comparaison de variantes du modèle par des simulations stochastiques

MoPoS vous permet d'effectuer facilement des simulations stochastiques. En cliquant dans le menu `Simulator` sur `Run Simulation for Ten Years`, vous déclencherez une simulation du modèle sur dix ans, soit quarante trimestres. Si vous répétez cette opération plusieurs fois et sauvez les résultats des feuilles `data` ou `unobservables` (par exemple en les reportant par `Copy` et `Paste` sur une feuille Excel vide), vous obtiendrez des séries temporelles artificielles de la longueur désirée.

Un chiffre, la valeur de départ, est attribué à chaque suite de chiffres aléatoires générés par le générateur de ces chiffres. En insérant la même valeur de départ au moyen de Simulator ► Generate Random Scenario ► Choose Seed..., une séquence de chocs peut être répétée à volonté. Cette méthode est utile pour comparer différentes variantes du modèle. Le recours aux mêmes valeurs de départ dans une comparaison de modèles assure que la séquence des chocs reste la même dans tous les modèles. On exclut ainsi qu'une variante l'emporte sur une autre uniquement parce qu'elle est simulée avec d'autres chocs.

Comparez par exemple les performances de deux différentes règles de politique monétaire. Simulez les deux variantes du modèle avec la même suite de chocs pendant dix ans. Répétez cela cinq fois avec une nouvelle suite de chocs. Calculez la variance du taux d'inflation et de la croissance économique.

### Coefficients stochastiques

Les paramètres du modèle du chapitre 3.2 sont déterministes, mais il est possible de les rendre stochastiques. A cette fin, il convient de définir les paramètres avec les fonctions SHOCK ou XSHOCK (ou avec toute autre fonction qui peut être tirée d'Excel pour générer des chiffres aléatoires).<sup>20</sup> Vous pouvez par exemple rendre stochastique le coefficient auto-régressif de l'équation de l'écart de production en écrivant =SHOCK(0.5;0.1) dans le champ C18 de la feuille parameters. Ainsi,  $\phi$  est redéterminé à chaque étape de la simulation comme la réalisation d'une variable aléatoire à distribution normale avec une moyenne de 0,5 et un écart type de 0,1.

Les systèmes aux paramètres stochastiques sont particulièrement difficiles à manier. La recherche relativement récente à propos de tels systèmes s'appelle la *théorie du contrôle robuste*. Hansen et Sargent (2000) donnent un aperçu de l'application de cette idée à la macroéconomie.

Le programme MoPoS n'est pas plus en mesure de calculer la règle optimale de feed-back robuste que la règle optimale de feed-back conventionnelle. Toutefois, il peut servir à simuler un modèle avec des paramètres stochastiques et, partant, à tester une règle robuste proposée.<sup>21</sup>

La théorie de Milton Friedman (1968) d'après laquelle la politique monétaire se répercute sur la production et les prix avec des décalages longs et variables est un exemple d'application de paramètres stochastiques. Dans l'équation de l'écart de production, cette variabilité peut être modelée comme coefficient stochastique du taux d'intérêt réel. Le tableau 3 montre une telle spécification (voir le paramètre du fichier variable lag.par). Le total des coefficients stochastiques  $\beta$  est fixé de manière à correspondre au total des coefficients déterministes (=0,12). Toutefois, le décalage moyen de l'effet est variable.

Décalage stochastique Tableau 3

STANDARD	VARIANTE
$\beta_0 = 0.02$	$\beta_0 = \text{SHOCK}(0.02;0.005)$
$\beta_1 = 0.06$	$\beta_1 = \text{SHOCK}(0.06;0.005)$
$\beta_2 = 0.03$	$\beta_2 = \text{SHOCK}(0.03;0.005)$
$\beta_3 = 0.01$	$\beta_3 = \text{SHOCK}(0.01;0.005)$
$\beta_4 = 0$	$\beta_4 = 0.12\text{-SUM}(C19:C22)$

20 SHOCK et XSHOCK sont de nouvelles fonctions d'Excel que le programme MoPoS met à disposition. Vous en trouvez une description exacte en annexe.

21 En comparant différentes variantes du modèle, il faut s'assurer que toutes aient le même nombre de variables aléatoires. Si un coefficient déterministe est utilisé dans une variante de modèle et une variante stochastique dans l'autre, cette condition n'est pas remplie, de sorte que la suite de chocs d'un paramètre déter-

miné figurant dans les deux variantes n'est plus identique même en utilisant le même nombre de valeurs de départ. Dans ce cas, le coefficient déterministe doit être remplacé par un coefficient stochastique dont la variance, cependant, doit être fixée à zéro (exemple =SHOCK(0;0)).

## Annexe

Excel comprend un grand choix de fonctions qui permettent de générer des nombres aléatoires distribués différemment. Par exemple, la fonction `TINV` peut générer des chiffres distribués en  $t$ , selon la loi de Student. Cette distribution a un kurtosis supérieur, c'est-à-dire une plus forte masse aux extrémités que la distribution normale (*fat tails*), ce qui est la propriété de nombreuses séries économiques dans le temps.

Le kurtosis de variables aléatoires distribuées en  $t$  est déterminé par le nombre de degrés de liberté. Ce dernier étant un nombre entier positif, le kurtosis peut ainsi seulement être déterminé par intervalles discrets lorsque la distribution en  $t$  est utilisée. Pour résoudre ce problème, une nouvelle fonction, `XSHOCK`, a été mise en œuvre dans MoPoS.

`XSHOCK` utilise deux variables aléatoires indépendantes: une à distribution normale standard (`NSHOCK`, générée par la fonction d'Excel `NORMSINV`) et une distribuée en  $t$  avec trois degrés de liberté (`TSHOCK`, générée par la fonction d'Excel `TINV`).<sup>22</sup> La fonction `XSHOCK` produit une combinaison linéaire de ces deux variables aléatoires,

$$\text{XSHOCK} = \mu + \sigma \cdot \frac{(1-k) \cdot \text{NSHOCK} + k \cdot \frac{\text{TSHOCK}}{\sqrt{3}}}{\sqrt{(1-k)^2 + k^2}}$$

La variable aléatoire `TSHOCK` est divisée par  $\sqrt{3}$ , car une variable distribuée en  $t$  avec  $f$  degrés de liberté a une variance de  $f/(f-2)$ . Dans notre cas qui comprend trois degrés de liberté, on obtient 3. La division par  $\sqrt{3}$  nous donne un écart type de un.  $k$  est la pondération attribuée à la variable distribuée en  $t$  dans la combinaison linéaire avec la variable aléatoire normale standard `NSHOCK`.  $k$  contrôle donc le mélange entre distribution normale et distribution en  $t$ . Cette combinaison linéaire est ensuite divisée par  $\sqrt{(1-k)^2 + k^2}$ . Cette opération doit compenser la diminution de la variance causée par l'effet de diversification qui résulte du mélange de deux variables aléatoires indépendantes. Il en découle une variable aléatoire de moyenne égale à zéro et d'écart type égal à un.

La fonction `XSHOCK` ( $\mu, \sigma, k$ ) a trois arguments: les deux premiers sont la moyenne et l'écart type, la troisième spécifie la pondération attribuée à la variable distribuée en  $t$  et détermine ainsi le kurtosis. La formule `XSHOCK(0;1;0)` par exemple, n'attribue aucune pondération à la variable distribuée en  $t$  et génère donc une variable à distribution normale, identique à `SHOCK(0;1)`. Il découle de `XSHOCK(0;1;1)` une variable distribuée en  $t$ . `XSHOCK(0;1;0.5)`, pour sa part, est une variable avec plus de masse aux extrémités que la distribution normale, mais moins que la distribution en  $t$ .

<sup>22</sup> Trois degrés de liberté ont été choisis, car il s'agit du plus petit nombre de degrés de liberté d'une variable distribuée en  $t$  pour lesquels la moyenne et la variance sont définies.

## Littérature

Brunner, Karl et Alan H. Meltzer. 1968. Liquidity Traps for Money, Bank Credit and Interest Rates. *Journal of Political Economy* 76: 1–37.

Dornbusch, Rüdiger, Stanley Fischer et Richard Startz. 1998. *Macroeconomics*, 7<sup>e</sup> édition. Boston: McGraw Hill.

Friedman, Milton. 1959. *A Program for Monetary Stability*. Fordham University Press.

Friedman, Milton. 1968. The Role of Monetary Policy. *American Economic Review* 58: 1–17.

Hall, Robert E. et John B. Taylor, 1997. *Macroeconomics*, 5<sup>e</sup> édition. New York: Norton.

Hansen, Lars Peter et Thomas J. Sargent. 2000. Wanting Robustness in Macroeconomics, mimeo. University of Chicago et Hoover Institution. <http://www.stanford.edu/sargent/research.html>.

Keynes, John Maynard. 1936. *The General Theory of Employment, Interest, and Money*. London: Harcourt Brace.

Krugman, Paul. 1998. It's Baaack! Japan's Slump and the Return of the Liquidity Trap. *Brookings Papers on Economic Activity* 0(2): 137–187.

Krugman, Paul. 1999. Thinking about the Liquidity Trap. Paper for the NBER/CEPR/TCER conference in Tokyo, <http://web.mit.edu/krugman/www/trioshrt.html>.

Mankiw, N. Gregory. 1992. *Macroeconomics*. New York: Worth.

Orphanides, Athanasios. 2000. Activist Stabilization Policy and Inflation: The Taylor Rule in the 1970s. Board of Governors of the Federal Reserve System, Finance and Economics Discussion Series Working Paper 2000–13. <http://www.federalreserve.gov/pubs/feds/2000/200013/200013abs.html>.

Orphanides, Athanasios et Simon van Norden. 1999. The Reliability of Output-Gap Estimates in Real Time. Finance and Economics Discussion Series Working Paper 1999–38, Board of Governors of the Federal Reserve System. <http://www.federalreserve.gov/pubs/feds/1999/199938/199938abs.html>.

Romer, David. 2000. Keynesian Macroeconomics without the LM Curve. Working Paper 7461, National Bureau of Economic Research.

Svensson, Lars E. O. 2000. The Zero Bound in an Open Economy: A Foolproof Way of Escaping from a Liquidity Trap. Bank of Japan, IMES (Ninth International Conference), Discussion Paper No. 2000–E–23. <http://www.imes.boj.or.jp/english/publication/edps/2000/00–E–23.pdf>.

Taylor, John B. 1993. Discretion versus Policy Rules in Practice. *Carnegie Rochester Conference Series on Public Policy* 39, 195–214.