

Les modèles d'équilibre général calculable : une brève introduction

André Lemelin
(INRS-UCS)

Remerciements

- Bernard Decaluwé,
Université Laval et PEP
- Véronique Robichaud,
Université Laval et PEP
- Luc Savard,
Université de Sherbrooke et GREDI

Sommaire

1. Introduction
2. Fondement théorique :
l'équilibre général concurrentiel
3. De la théorie au modèle
4. Fondement empirique :
matrice de comptabilité sociale
et calibrage du modèle
5. En guise de conclusion

1. Introduction aux MÉGC

Qu'est-ce qu'un modèle d'équilibre général calculable (MÉGC) ?

- Représentation **mathématique de l'économie** : composantes, comportements, interactions
- Modèle fondé sur la théorie microéconomique : **équilibre général concurrentiel**
- Se résout **numériquement** (« calculable »)
- Souvent, ses paramètres sont **calibrés** à partir d'une **matrice de comptabilité sociale**
- Habituellement pour faire des **simulations** afin d'analyser les conséquences de divers chocs exogènes sur une économie concrète

Solution du modèle = Équilibre général concurrentiel

- Tous les agents sont en **équilibre budgétaire** (au sens large : sources de fonds = utilisations)
- Tous les agents qui maximisent remplissent les **conditions (mathématiques) d'optimum**
- En général, les agents sont **"price takers"**
- Tous les **marchés sont en équilibre**
 - L'offre et la demande sont équilibrées par le jeu des prix
- **Équilibre macroéconomique** (non monétaire)
 - Somme des dépenses = somme des revenus
 - Dépenses d'investissement = épargne

Les MÉGC :

des modèles de simulation

- Pas des modèles de prévision
- Simulation, projection, scénario...
- Répondent à des questions comme :
« Que pourrait-il arriver si... ? »
(plutôt que « Que va-t-il arriver ? »)
- Parfois utilisés comme modèles d'optimisation :
« Par quelle combinaison d'instruments
(variables de contrôle) obtiendrait-on la valeur
maximum de l'objectif ? »

Applications habituelles

(MÉGC statiques ou dynamiques séquentiels)

- **Simulation** des conséquences sur l'économie de...
 - Chocs exogènes :
Prix du pétrole, catastrophe écologique, etc.
 - Changements de structure
Technologie, productivité d'un secteur...
 - Réformes et modifications de politiques
 - Politique commerciale (libéralisation, protectionnisme...)
 - Politiques environnementales (suites de la COP21...)
 - Fiscalité (taxation)
 - Politiques de subvention de prix ou de soutien d'activités
 - Programmes d'investissements publics ou de dépenses publiques
- (Mais certaines politiques sont plus difficiles à simuler.
Exemple : impact dynamique d'investissements en éducation)

Résultats des MÉGC

- Prix et volumes, souvent à un niveau très détaillé :
 - Production et valeur ajoutée par branche
 - Facteurs (travail, capital...)
 - Demande finale, demande intermédiaire par bien
- Revenus, dépenses et épargne des agents (ménages, entreprises, État, Reste-du-monde)
- Agrégats macroéconomiques
 - PIB, solde du compte courant, déficit public, dépenses d'investissement
- Le défi : interpréter les résultats
 - Canaux de transmission des impacts
 - Distinguer ce qui relève de la logique économique ou des particularités du modèle

Le temps dans les MÉGC

- **Statiques** (court, moyen ou long terme)
- **Dynamiques**
 - *En dynamique séquentielle*
 - Suite d'équilibres statiques, liés par des variables "héritées"
 - Résolution période par période
 - *En dynamique intertemporelle* (temps continu / discret)
 - Comportement des agents : optimisation intertemporelle
 - Résolution simultanée pour toutes les périodes
- **Déterministes**
 - Anticipations myopes ou parfaites
- **Stochastiques** : modèles DSGE macro avec fondements micro
 - Perturbations aléatoires
(notamment, soi-disant "chocs technologiques" sur la PMF)
 - optimisation intertemporelle de l'espérance mathématique selon l'information disponible à chaque moment

Dynamique séquentielle

Lien entre les périodes successives :

- Loi d'accumulation du capital :

$$KD_{k,j,t+1} = KD_{k,j,t} (1 - \delta_{k,j}) + IND_{k,j,t}$$

- $IND_{k,j,t}$ = investissement en capital de type k à destination de la branche j
(plusieurs formulations possibles)

Modèles walrasiens (sans monnaie)

- En général, pas de monnaie dans les MÉGC : ce sont des modèles “réels”
- Dans les conditions d'équilibre des agents, seuls importent les prix **relatifs** (pas d'illusion monétaire)
- Faute de monnaie, le niveau absolu des prix demeure indéterminé :
il faut choisir un **numéraire** (arbitraire)
 - On choisit souvent le taux de change
- Pas d'inflation, ni de politique monétaire (sauf dans les DSGE, à vocation macro)
- Il existe des modèles avec actifs financiers

Sommaire

1. Introduction
2. Fondement théorique :
l'équilibre général concurrentiel
3. De la théorie au modèle
4. Fondement empirique :
matrice de comptabilité sociale
et calibrage du modèle
5. En guise de conclusion

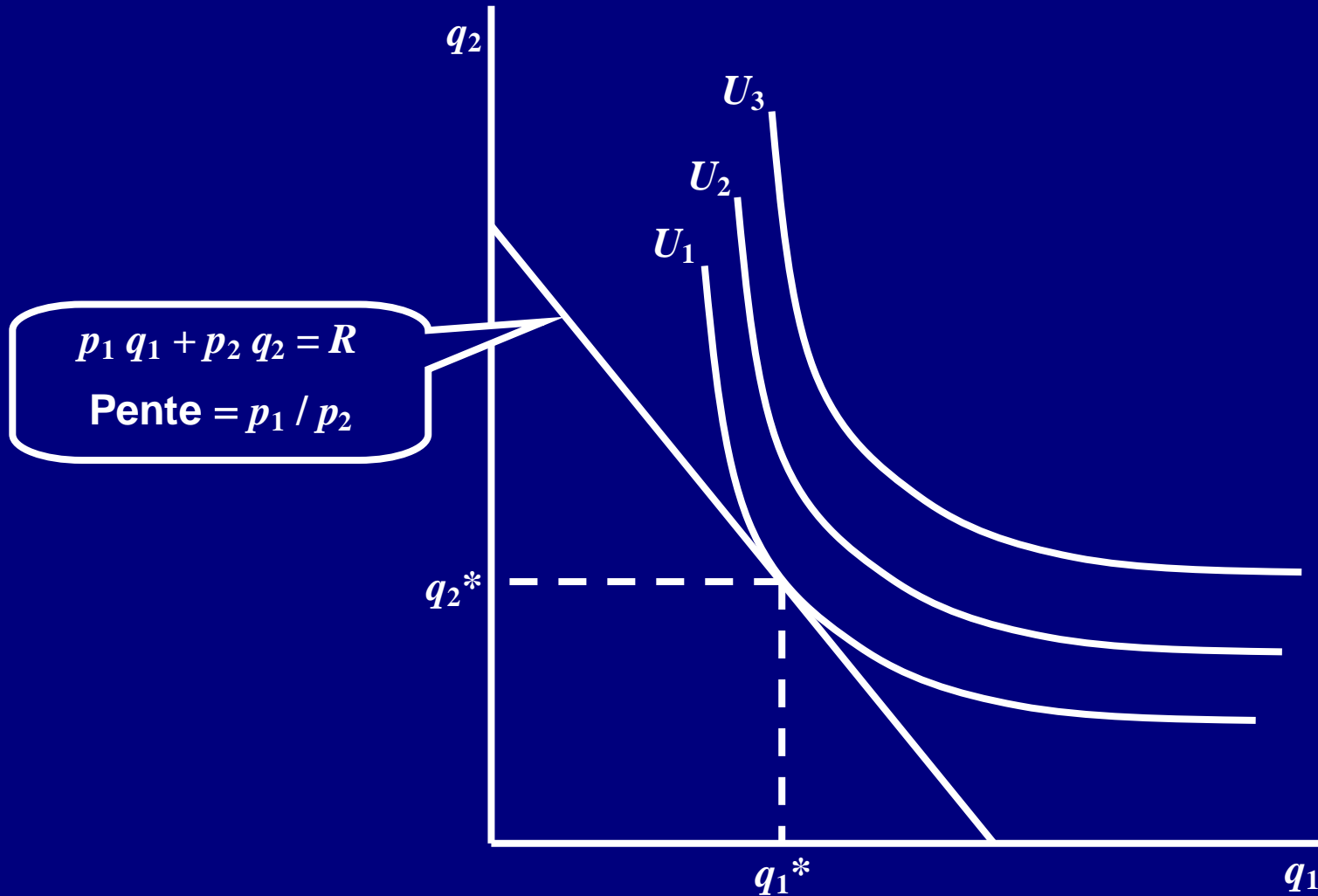
2. L'équilibre général concurrentiel

Équilibre du consommateur : demande de biens

Taux marginal de substitution =
rapport de prix des biens

$$TmS_{j,i} = \frac{dq_j}{dq_i} = \frac{\left(\frac{\partial U}{\partial q_i} \right)}{\left(\frac{\partial U}{\partial q_j} \right)} = \frac{p_i}{p_j}$$

Équilibre du consommateur : demande de biens

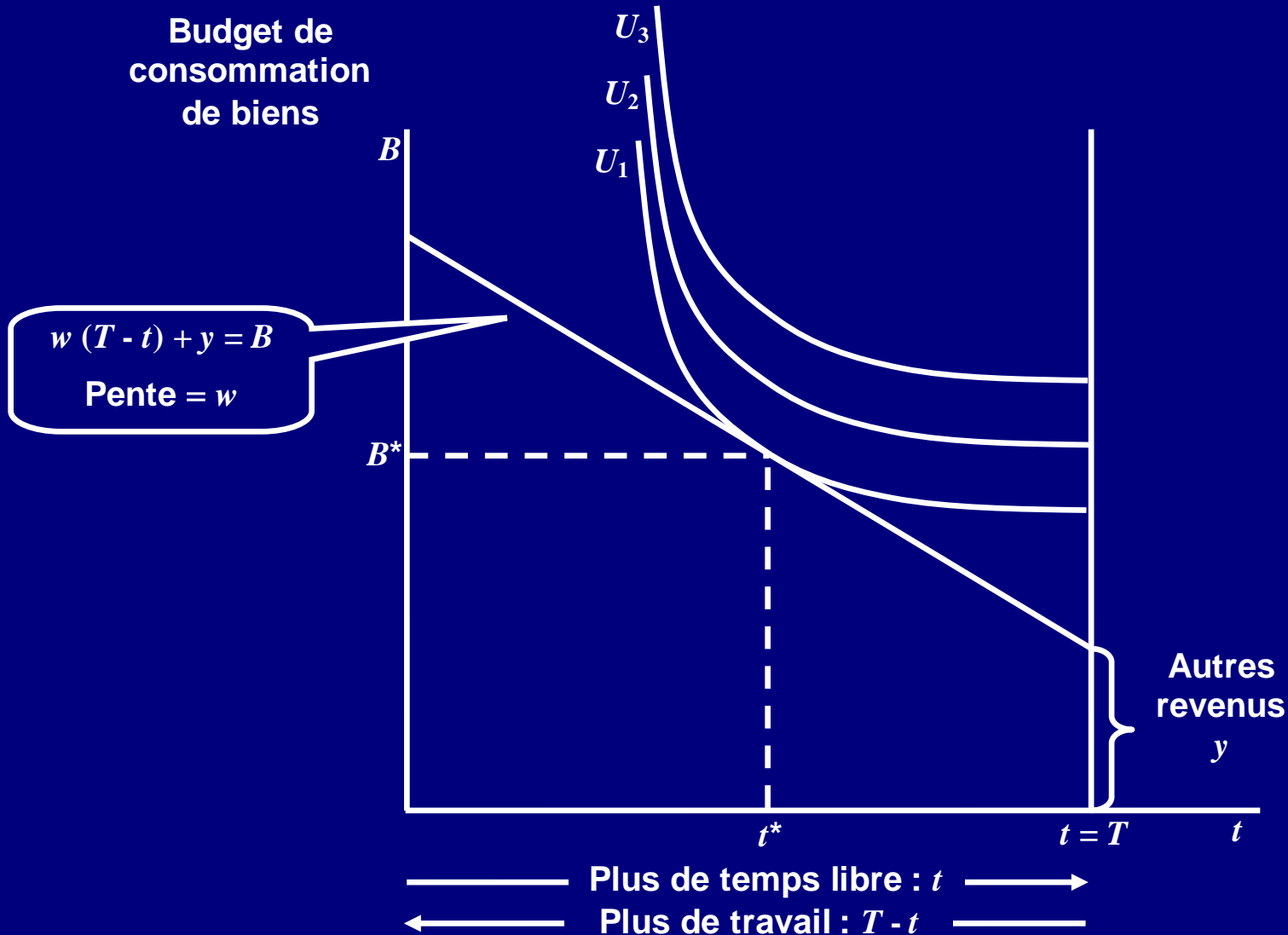


Équilibre du consommateur : offre de travail

Extension du modèle :

- Le temps libre (loisir) figure parmi les biens
- Prix du loisir = taux de salaire
- Revenu *intégral* :
ce que gagnerait le consommateur
en travaillant le maximum de temps
- Offre de travail =
temps non consommé comme loisir

Équilibre du consommateur : offre de travail

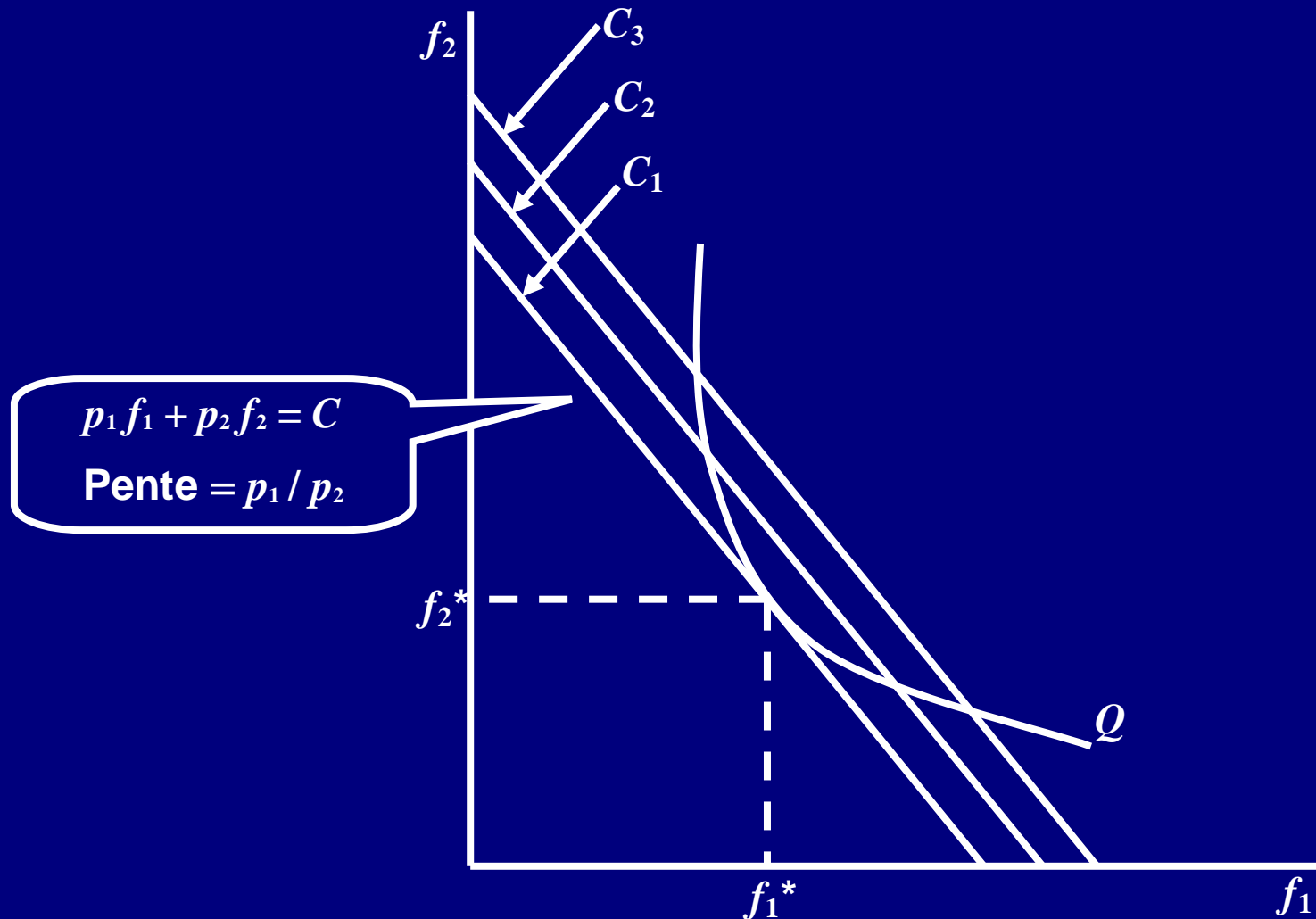


Équilibre du producteur : utilisation des facteurs

Taux marginal de substitution technique =
rapport de prix des facteurs

$$TmST_{j,i} = \frac{df_j}{df_i} = \frac{\left(\frac{\partial Q}{\partial f_i} \right)}{\left(\frac{\partial Q}{\partial f_j} \right)} = \frac{p_i}{p_j}$$

Équilibre du producteur : utilisation des facteurs

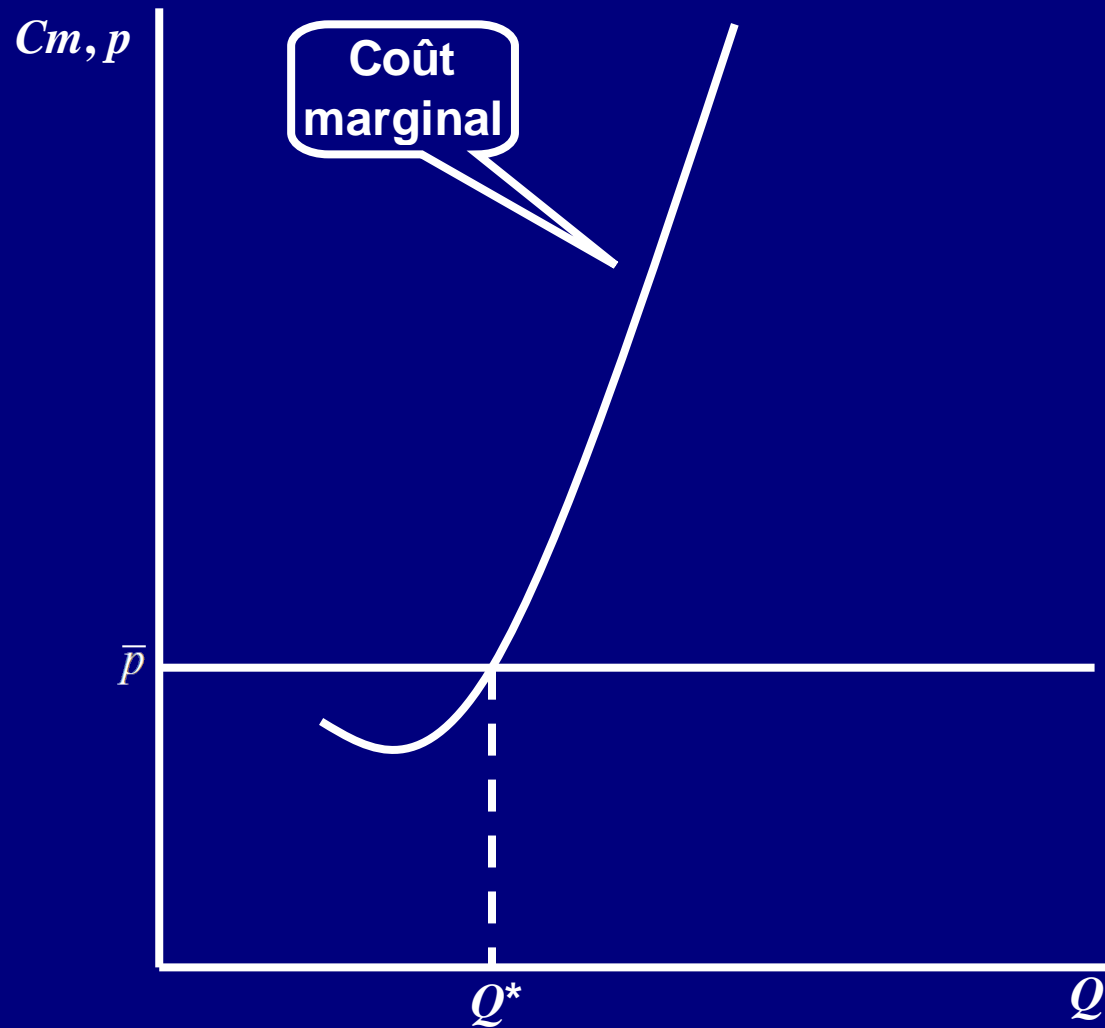


Équilibre du producteur : volume de la production

Coût marginal = prix du produit

$$Cm_j = p_j$$

Équilibre du producteur : volume de la production

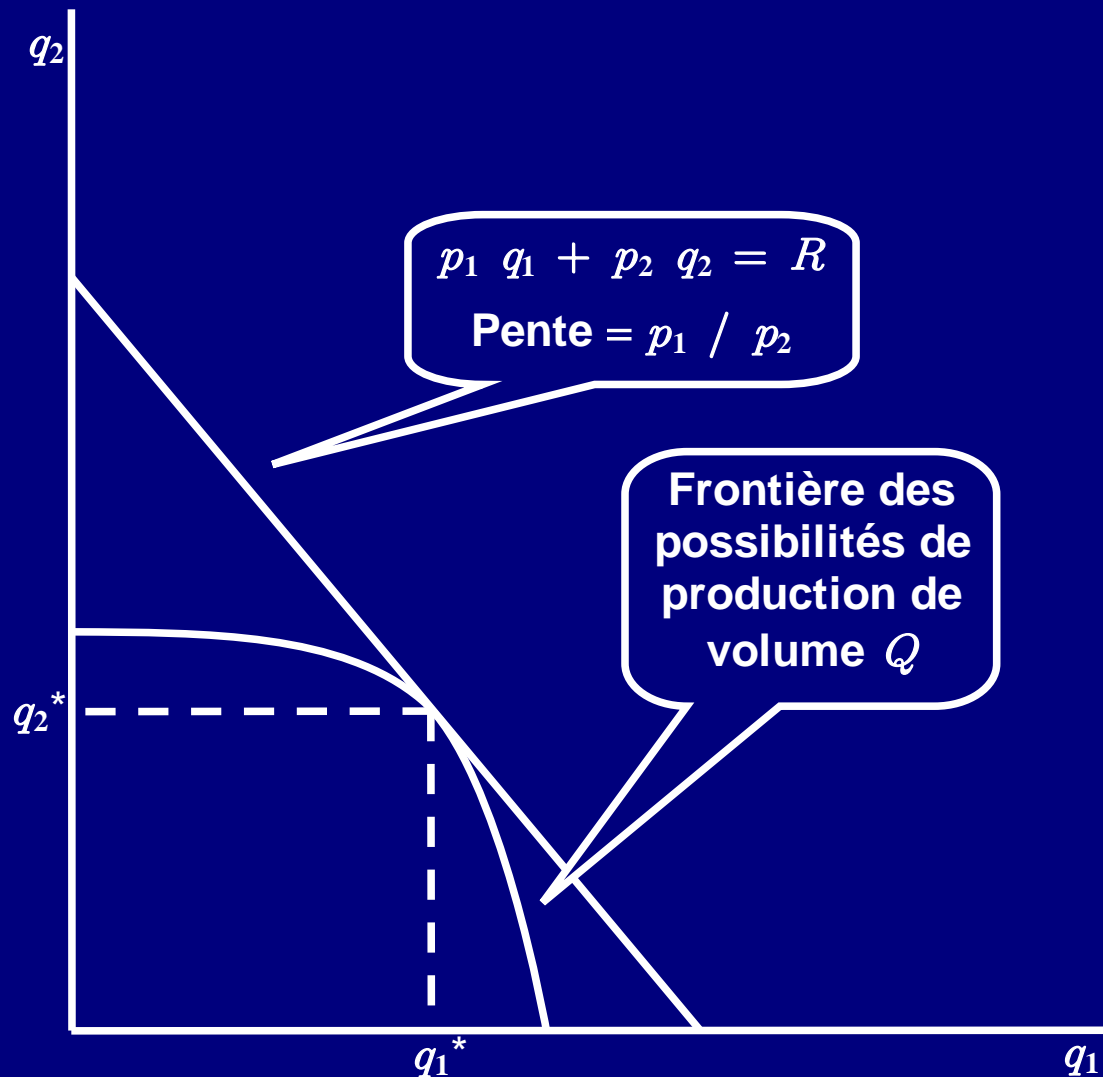


Équilibre du producteur : composition de la production

Taux marginal de transformation =
rapport de prix des produits

$$TmT_{j,i} = \frac{dq_j}{dq_i} = \frac{\left(\frac{\partial Q}{\partial q_i} \right)}{\left(\frac{\partial Q}{\partial q_j} \right)} = \frac{p_i}{p_j}$$

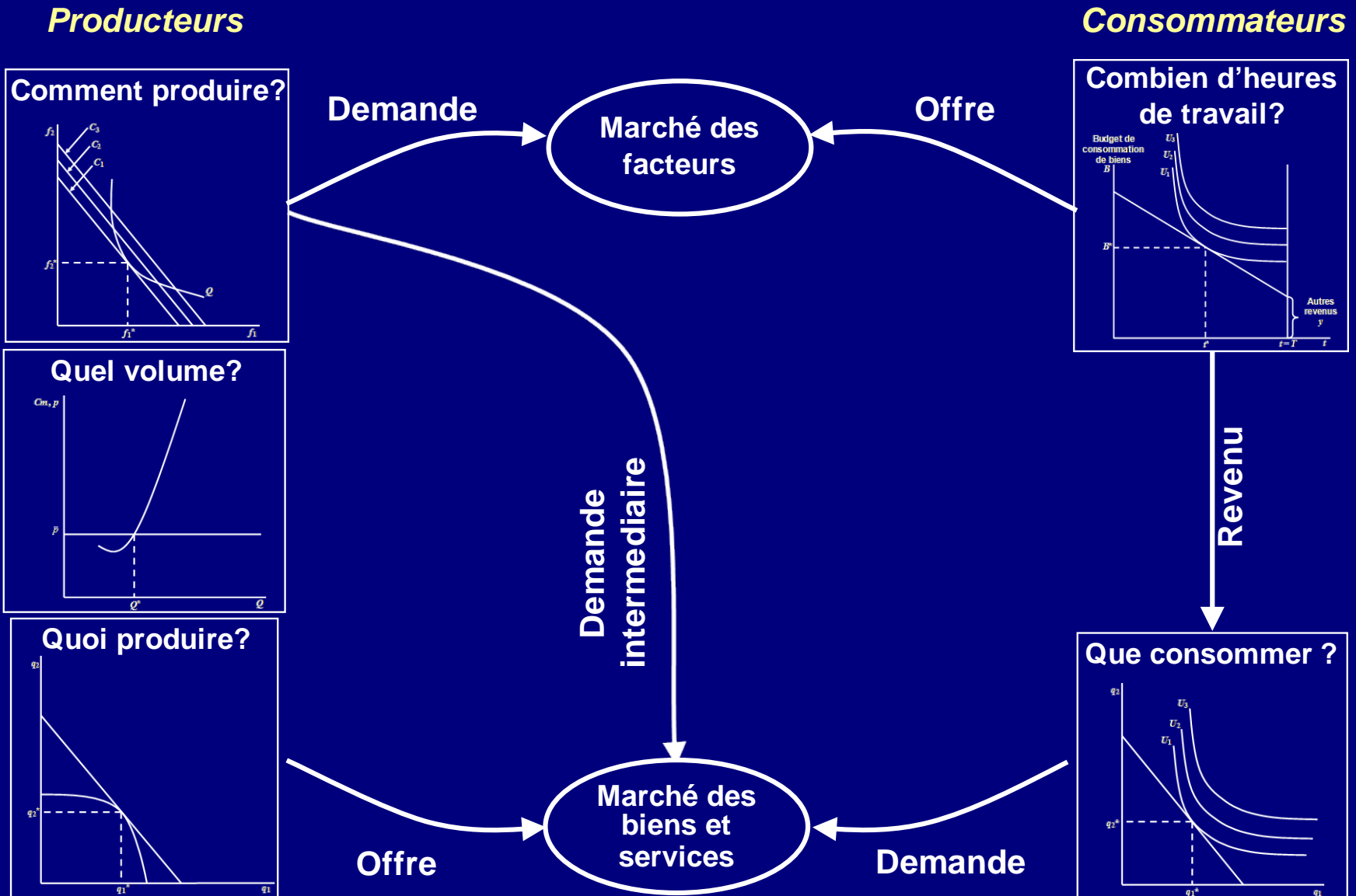
Équilibre du producteur : composition de la production



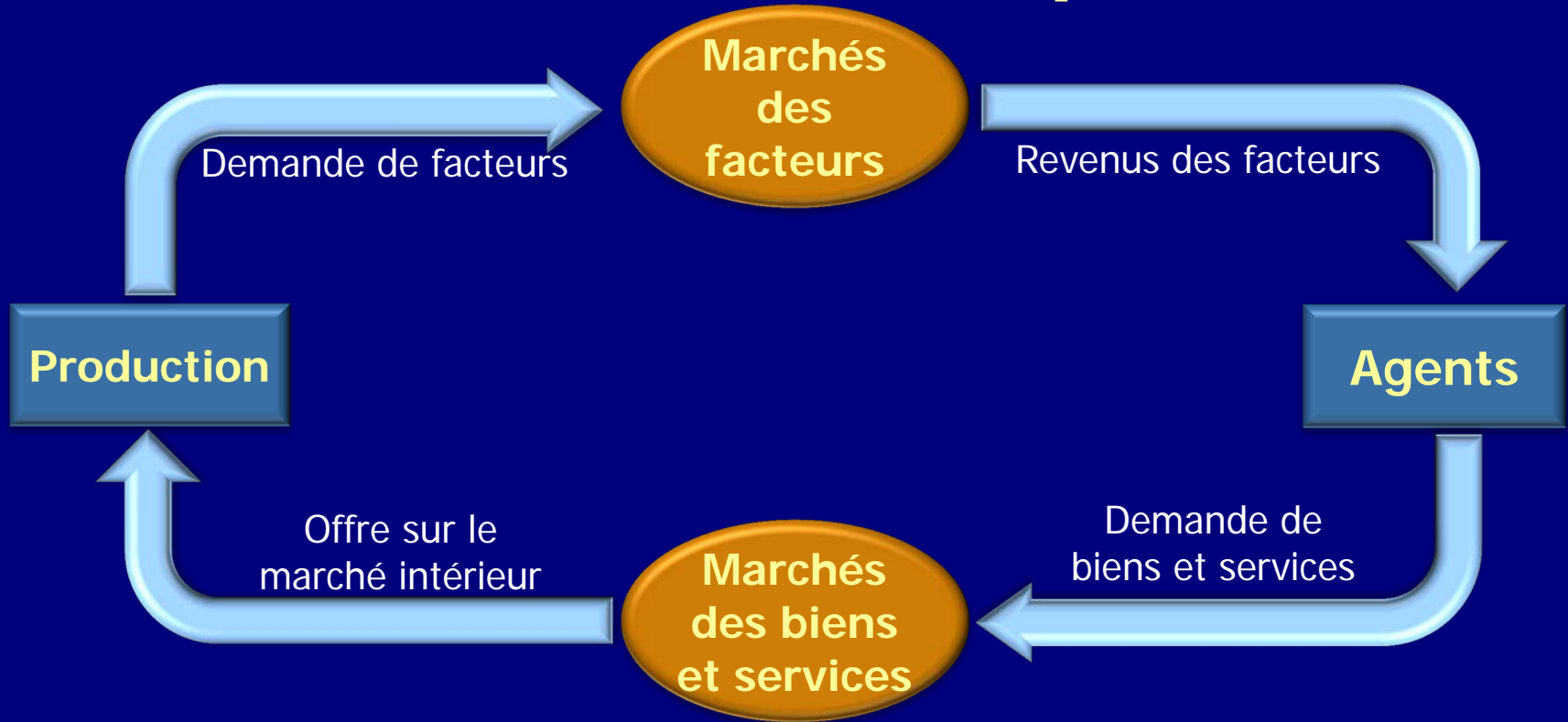
Solution du modèle = Équilibre général concurrentiel

- Tous les agents sont en **équilibre budgétaire**
- Tous les agents qui maximisent remplissent les **conditions (mathématiques) d'optimum**
- En général, les agents sont **"price takers"**
- Tous les **marchés sont en équilibre**
 - L'offre et la demande sont équilibrées par le jeu des prix
- **Équilibre macroéconomique (non monétaire)**
 - Dépenses d'investissement = épargne

Équilibre général concurrentiel



Flux circulaire des revenus et dépenses



À partir des détails de l'équilibre général,
on peut reconstituer les agrégats macroéconomiques
et le flux circulaire des revenus et dépenses

Équilibre général concurrentiel

- Ce schéma simplifié ignore
 - La rémunération des autres facteurs (capital...)
 - L'État (taxes, dépenses publiques) (+ agents autres que ménages-consommateurs)
- Il représente une économie fermée : pas d'échanges internationaux (importations, exportations)
- Il représente une économie statique : pas d'investissement, pas de croissance

Sommaire

1. Introduction
2. Fondement théorique :
l'équilibre général concurrentiel
3. De la théorie au modèle
4. Fondement empirique :
matrice de comptabilité sociale
et calibrage du modèle
5. En guise de conclusion

3. De la théorie au modèle

Le point de vue de l'« agent représentatif »

Selon le point de vue de l'« agent représentatif », le comportement de chaque groupe d'agents est modélisé comme s'il s'agissait d'un seul agent

- Par exemple, chaque groupe de ménages a une seule fonction d'utilité, dont dérivent ses équations de demande de biens et d'offre de travail.
- Chaque industrie (groupe de firmes) a une fonction de production et de transformation, dont dérivent ses équations de demande de facteurs et d'offre de produits.

(contrairement aux modèles de micro-simulation)

De la théorie au modèle :

étapes de la construction d'un MÉGC (1)

- **Objectifs** du projet :
 - Modèle appliqué à quelle économie (caractéristiques) ?
 - Pour répondre à quelle(s) question(s) ?
(fiscalité, environnement...)
- Le modèle universel n'existe pas!
- Structure et **formulation mathématique** du modèle :
formulation des équations (spécification)
d'un système simultané
 - Collecte et organisation de données
 - Généralement **matrice de comptabilité sociale** (MCS)
 - Correspondance entre structure de la MCS et du modèle
(élaboration intégrée des deux)

De la théorie au modèle :

étapes de la construction d'un MÉGC (2)

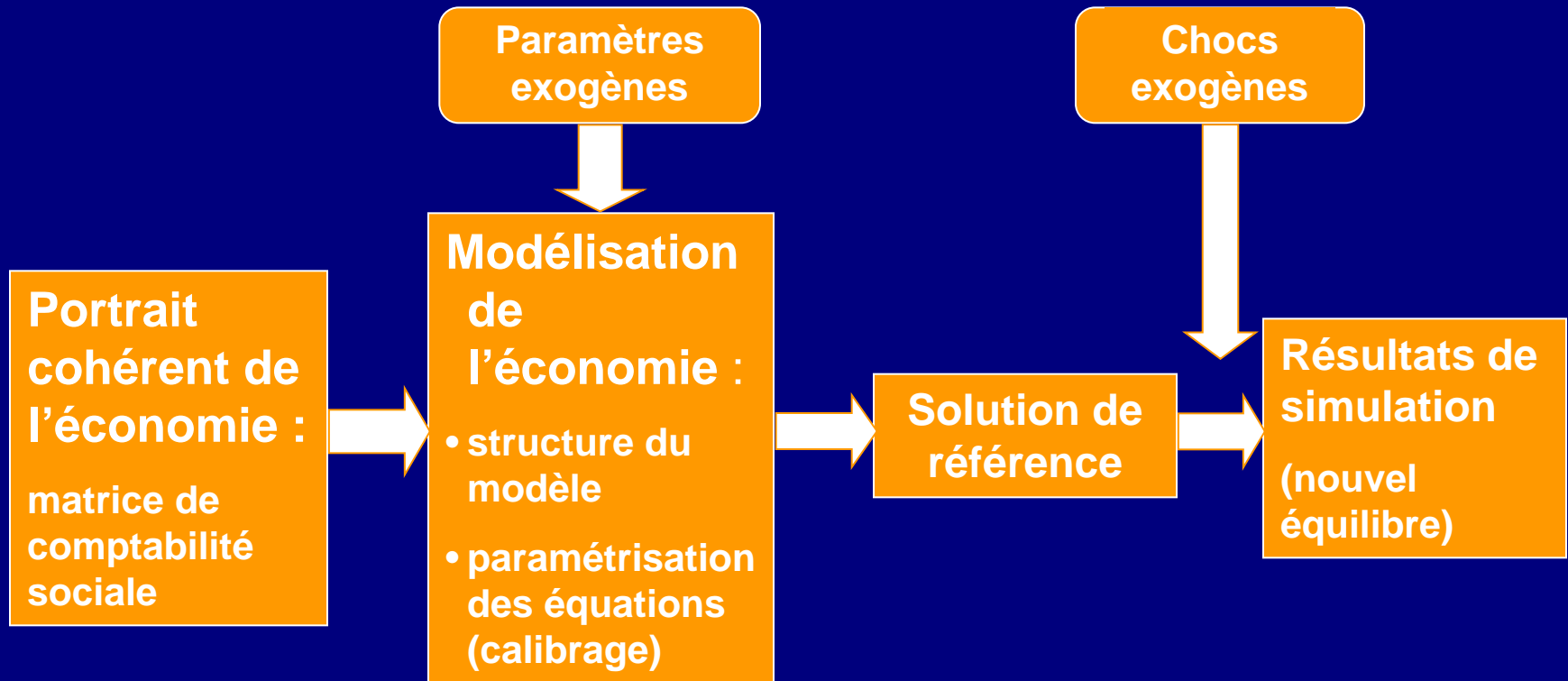
- **Paramétrisation** des équations
 - **Calibrage** : vu les données et la forme des équations, quelles sont les valeurs des paramètres ?
Nous y reviendrons...
- Définir la « **fermeture** » du modèle :
nombre de variables > nombre d'équations
⇒ il faut fixer certaines variables de manière exogène
- **Programmation** du modèle dans un progiciel (GAMS, GEMPack...)
 - Avec GAMS : faire la chasse aux équations redondantes
- **Tests** du modèle : homogénéité, consistance de la procédure de calibrage, reproduction de la solution de référence
- **Documentation!!!** Pas de boîte noire!

De la théorie au modèle :

Simulations

- MCS = solution de référence
- Sans modification,
le modèle reproduit la solution de référence
- De quel changement veut-on simuler l'impact ?
- Comment traduire ce changement
par un changement exogène du modèle
(paramètre, variable fixée...) ?
- La différence entre la nouvelle solution et la
solution de référence est l'impact simulé...
- qu'il reste à interpréter correctement!

Construction et utilisation d'un MÉGC



Formes usuelles des fonctions

- Consommateurs (utilité)
 - Cobb-Douglas
 - Élasticité constante de substitution (CES)
 - Système linéaire de dépenses (Stone-Geary)
 - etc.
- Producteurs
 - Fonctions de production
Leontief , Cobb-Douglas, CES...
 - Fonctions de transformation
à élasticité constante (CET)
 - etc.

Sommaire

1. Introduction
2. Fondement théorique :
l'équilibre général concurrentiel
3. De la théorie au modèle
4. Fondement empirique :
matrice de comptabilité sociale
et calibrage du modèle
5. En guise de conclusion

4. La matrice de comptabilité sociale et le calibrage du modèle

Matrices de comptabilité sociale (MCS) antécédents historiques

- Le *Tableau économique* de François Quesnay (1694-1774) : analogie des flux de matière et de monnaie avec la circulation sanguine
- 1941 : Tableau entrées-sorties (*input-output*) de Wassily Leontief (1906-1999)
- 1953 : Système standardisé de comptes économiques élaboré sous la direction de Richard Stone
Version courante : SNA 2008 (Inter-Secretariat Working Group on National Accounts : ONU, FMI, BM, OCDE, UE)
- 1962 : Cambridge Growth Project, *A computable model of economic growth*, basé sur une MCS (Richard Stone 1913-1991)

Fondement empirique du MÉGC : matrice de comptabilité sociale (MCS)

- Plutôt matrice de comptabilité *économique* selon le système de comptabilité nationale (SNA)
- Comptabilité en partie double sous forme de tableau où s'inscrivent les *flux* entre les parties de l'économie
- Chaque partie de l'économie est représentée comme un *compte en équilibre* (cohérence)
 - *recettes = paiements reçus d'autres comptes*
 - *utilisations = paiements à d'autres comptes*
 - *Somme des recettes = somme des utilisations*
- Pas de format unique, mais des traits communs

Structure de base de la MCS d'un MÉGC

	Facteurs	Agents	Biens et services	Production	Accumulation	Reste du monde
Facteurs						
Agents						
Biens et services						
Production						
Accumulation						
Reste du monde						

Tableau des flux de la comptabilité économique

	Facteurs	Ménages	Gouvern.	Entrep.	Biens et services	Production	Accumulation	Reste du Monde	Total
Facteurs			Salaires			Salaires et excédents d'exploitation			Revenus de facteurs (demande)
Ménages	Salaires et revenu mixte		Transferts	Revenus de placement					Revenus des ménages
Gouvern.		Impôts sur le revenu		Impôts sur le revenu	Taxes indirectes sur les biens	Taxes sur la production			Revenus du gouvern.
Entrep.	Bénéfices des sociétés								Revenus des entreprises
Biens et services		Dépenses de consommation	Dépenses courantes			Achats intermédiaires	Dépenses d'investissement	Exportations	Demande
Produc.					Ventes				Ventes
Accum.		Épargne	Solde (+/-) (épargne)	Épargne				Solde (+/-) (épargne)	Épargne totale
Reste du Monde					Importations				Importations
Total	Revenus de facteurs (offre)	Dépenses des ménages	Dépenses du gouvern.	Revenus des entreprises (affectation)	Offre	Coûts de production	Dépenses d'investissement	Export. + déficit C.C.	

Les variables du modèle dans la MCS

- 3 types de variables :
variables de prix, de quantité et nominales
- Décomposer les flux de la MCS (sauf var.nominales) :
Valeur de transaction = prix × quantité
- Décomposition arbitraire :
454 g @ 1€/100 g = 1 livre @ 4,54 €/livre
- Flux hétérogènes (fruits = pommes + oranges)
⇒ pas d'unité de mesure "naturelle"
- Les prix et quantités sont
des **indices** de prix et de quantité
- Interprétation des résultats : seules
les **variations relatives** sont significatives

Calibrage à partir de la MCS

- Pour résoudre le modèle, il faut connaître la **valeur paramètres**.
- **Calibrage** = calculer la valeur des paramètres en supposant que les données de la MCS représentent un équilibre général (une solution) : interversion des rôles des paramètres et variables
- Nombre de paramètres $>$ nombre de contraintes, surtout avec des fonctions flexibles
 - Exemple : l'élasticité de substitution de fonctions CES
- Valeur des **paramètres « libres »** :
 - écrits scientifiques, autres modèles
 - nouvelles estimations économétriques

La solution de référence

- Étant donné l'hypothèse que la **MCS** représente un état d'**équilibre général**,
- Étant donné le processus de **calibrage**,
- Il s'ensuit que,
lorsque l'on résout le modèle sans choc,
il doit **reproduire les valeurs de la MCS**.

Sommaire

1. Introduction
2. Fondement théorique :
l'équilibre général concurrentiel
3. De la théorie au modèle
4. Fondement empirique :
matrice de comptabilité sociale
et calibrage du modèle
5. En guise de conclusion

5. En guise de conclusion

Les MÉGC, des outils puissants

- S'appuient sur des **fondements théoriques** solides
- Prennent en compte les multiples **interactions** entre toutes les parties d'une économie
 - effets indirects dûs aux réactions des agents
- En particulier, les interactions qui se transmettent par l'intermédiaire de changements de **prix**
 - y compris ceux dûs à des changements de taux d'imposition
- Les **prix** y jouent leur rôle microéconomique : transmettre l'information économique à la base des décisions et des comportements des agents
 - Interaction de l'offre et de la demande
- La majorité sont très **détaillés**
 - distribution du revenu entre groupes de ménages
 - impact sur chacune des industries

Points faibles des MÉGC

- Calibrage n'est pas estimation économétrique : les méthodes d'inférence statistique (marges d'erreur, tests d'hypothèse) ne s'appliquent pas
- Il existe des tests de robustesse ou de sensibilité (Monte Carlo), mais difficiles à appliquer
- Les MÉGC sont des outils complexes...

Les MÉGC, des outils complexes

- Leur élaboration est exigeante :
 - formulation mathématique du modèle
 - élaboration de la MCS
 - programmation
- Leur utilisation judicieuse est difficile
 - formulation des simulations
 - interprétation des résultats
- À chaque étape, des compétences particulières :
 - théorie économique
 - connaissance des sources de données
 - notions de comptabilité économique (SNA 2008)
 - apprentissage des progiciels
- Difficile de communiquer les résultats aux décideurs

Du bon usage des MÉGC

« Abe Lincoln may have freed all men,
but Sam Colt made them equal »

Gare à la facilité
de l'informatique accessible et
des modèles « prêts à porter »!

**[www.pep-net.org
/pep-standard-cge-models](http://www.pep-net.org/pep-standard-cge-models)**

MARQUE