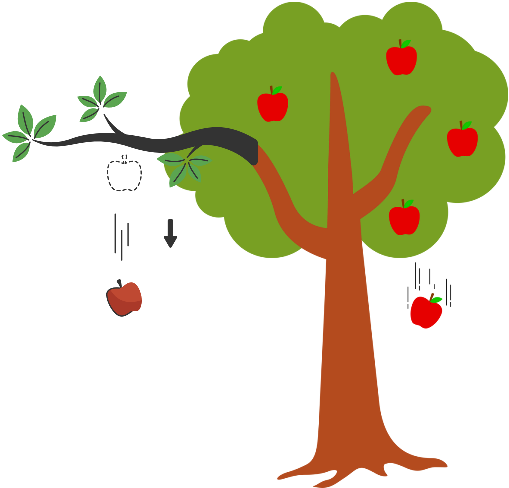
Le modèle de gravité du commerce international



Origine et intuition du modèle

Le **modèle de gravité** est une relation empirique simple et robuste qui explique les **échanges commerciaux bilatéraux**. Il s'inspire de la loi de Newton : deux corps s'attirent d'autant plus qu'ils sont massifs et d'autant moins qu'ils sont éloignés.

Idée centrale :

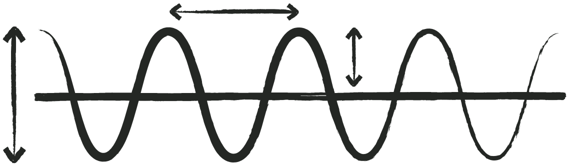
- Le commerce entre deux pays augmente avec la **taille de leurs économies** (PIB élevés).
- Il diminue avec la **distance géographique** (coûts de transport, différences culturelles, information).

Forme de base :

$$T_{ij} = A \frac{Y_i^{\alpha} Y_j^{\beta}}{D_{ij}^{\gamma}}$$

Signification des variables

Symbole	Signification	Interprétation économique
T_{ij}	Commerce entre i et j	Volume d'échanges bilatéraux
Y_i, Y_j	PIB des pays i et j	Taille économique, production et demande
D_{ij}	Distance géographique	Coût de transport et d'information
A	Constante d'ajustement globale	Niveau moyen du commerce mondial
α, β	Élasticités par rapport au PIB	Sensibilité à la taille économique
γ	Élasticité-distance	Sensibilité aux frictions géographiques



Rôle et interprétation des paramètres

Constante A :

- Ajuste le niveau moyen des échanges dans le monde.
- Capte les effets globaux non observés (barrières, logistique, ouverture).
- Si $A > 1$: commerce plus intense que prévu. Si $A < 1$: commerce plus faible.

Coefficients α, β, γ :

- Ce sont des **élasticités**, c'est-à-dire des sensibilités exprimées en pourcentages.
- α : $+1\%$ de PIB du pays exportateur $\Rightarrow +\alpha\%$ de commerce.
- β : $+1\%$ de PIB du pays importateur $\Rightarrow +\beta\%$ de commerce.
- γ : $+1\%$ de distance $\Rightarrow \gamma\%$ de commerce.

Ordres de grandeur empiriques :

$$\alpha \approx 1, \quad \beta \approx 1, \quad \gamma \in [0.8; 1.5]$$

Lecture intuitive du modèle

Le modèle exprime un équilibre entre deux forces opposées :

Forces d'attraction :

- Taille des économies (PIB élevés)
- Pouvoir d'achat et variété
- Économies d'échelle

Forces de friction :

- Distance géographique
- Coûts de transport et barrières commerciales
- Différences culturelles et linguistiques

Conséquence : Les grands pays proches échangent beaucoup (France–Allemagne) alors que les petits pays éloignés échangent peu.

Pourquoi passer à une version *log-linéaire* ?

Modèle de base :

$$T_{ij} = A\,\frac{Y_i^{\alpha} Y_j^{\beta}}{D_{ij}^{\gamma}}$$

Problème : ce modèle est non-linéaire (les variables sont en puissances).
Solution : on prend le logarithme pour le rendre **linéaire** :

$$\ln T_{ij} = \ln A + \alpha \ln Y_i + \beta \ln Y_j - \gamma \ln D_{ij}$$

Avantages du passage au log :

- permet une **régression linéaire (OLS)** simple à estimer ;
- les coefficients deviennent des **élasticités** interprétables ;
- on peut ajouter facilement d'autres variables (frontière, langue, union, etc.) ;
- les logs réduisent les **valeurs extrêmes**, stabilisant la régression.

Transformation mathématique et intuition

Étape 1 — Linéarisation :

$$T_{ij} = A\frac{Y_i^{\alpha} Y_j^{\beta}}{D_{ij}^{\gamma}} \quad \Longrightarrow \quad \ln T_{ij} = \ln A + \alpha \ln Y_i + \beta \ln Y_j - \gamma \ln D_{ij}$$

Étape 2 — Modèle estimable :

$$\boxed{\ln T_{ij} = c + \alpha \ln Y_i + \beta \ln Y_j - \gamma \ln D_{ij} + \varepsilon_{ij}}$$

où $c = \ln A$ et ε_{ij} est un terme d'erreur aléatoire.
Idée intuitive : On ne s'intéresse plus aux *niveaux* absolus des échanges, mais à leur **variation proportionnelle** (en %). $\rightarrow$ Les élasticités traduisent la sensibilité relative du commerce.

Lecture économique des coefficients

Interprétation directe (élasticités) :

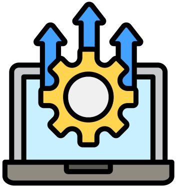
$$\ln T_{ij} = c + \alpha \ln Y_i + \beta \ln Y_j - \gamma \ln D_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

- α : élasticité du commerce par rapport au PIB du pays exportateur. $+1\%$ de Y_i $\Rightarrow +\alpha\%$ de T_{ij}.
- β : élasticité du commerce par rapport au PIB du pays importateur. $+1\%$ de Y_j $\Rightarrow +\beta\%$ de T_{ij}.
- γ : élasticité du commerce par rapport à la distance. $+1\%$ de distance $\Rightarrow \gamma\%$ de commerce.
- $c = \ln A$: constante moyenne du commerce mondial (niveau général des échanges).

En pratique :

$$\alpha \approx 1, \quad \beta \approx 1, \quad \gamma \in [0.8; 1.5]$$

Version empirique enrichie



Pour capturer d'autres facteurs structurels, on ajoute Z_{ij} :

$$\ln T_{ij} = c + \alpha \ln Y_i + \beta \ln Y_j - \gamma \ln D_{ij} + \delta' Z_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Exemples de variables Z_{ij} :

- Langue commune ;
- Frontière partagée ;
- Accord commercial ou union douanière ;
- Histoire coloniale, ou appartenance à une même région économique.

Lecture empirique :

- $\delta_{\text{langue}} > 0 \Rightarrow$ la langue commune favorise le commerce ;
- $\delta_{\text{frontière}} > 0 \Rightarrow$ proximité géographique accrue ;
- $\delta_{\text{union}} > 0 \Rightarrow$ effet d'intégration régionale (UE, ALENA...).

Exemple d'estimation typique (valeurs fictives)

Résultat d'une estimation fictive (OLS) :

$$\widehat{\ln T_{ij}} = 0.18 + 0.95 \ln Y_i + 1.02 \ln Y_j - 1.10 \ln D_{ij}$$

Lecture :

- $\hat{\alpha} = 0.95$: une hausse de 10% du PIB du pays $i \Rightarrow \approx +9{,}5\%$ d'échanges.
- $\hat{\beta} = 1.02$: une hausse de 10% du PIB du pays $j \Rightarrow \approx +10{,}2\%$ d'échanges.
- $\hat{\gamma} = 1.10$: une hausse de 10% de la distance $\Rightarrow \approx 11\%$ d'échanges.
- $\hat{c} = 0.18$: niveau moyen du commerce (équivalent à $\ln A$).

Remarque : ces valeurs sont illustratives pour comprendre le **sens des coefficients**.

Mini-application numérique

Données :

$$\alpha = 0.95, \ \beta = 1.02, \ \gamma = 1.10$$

Un pays i augmente son PIB de 5%, le pays j de 2%, et la distance reste identique.
Variation prédite :

Mini-application numérique

Données :

$$\alpha = 0.95,\ \beta = 1.02,\ \gamma = 1.10$$

Un pays i augmente son PIB de 5%, le pays j de 2%, et la distance reste identique.
Variation prédite :

$$\Delta\%\ T_{ij} \approx \alpha \times 5\% + \beta \times 2\% - \gamma \times 0\% = 0.95 \times 5 + 1.02 \times 2 = 6.79\%$$

Résultat : le commerce bilatéral devrait augmenter d'environ **6,8%**.