

Direction des Études et Synthèses Économiques

Département des Études Économiques d'Ensemble

Division « Marchés et Stratégies d'Entreprises »

Les brevets accroissent-ils les incitations privées à innover ?

Un examen microéconométrique

E. Duguet & C. Lelarge

Eléments Introductifs

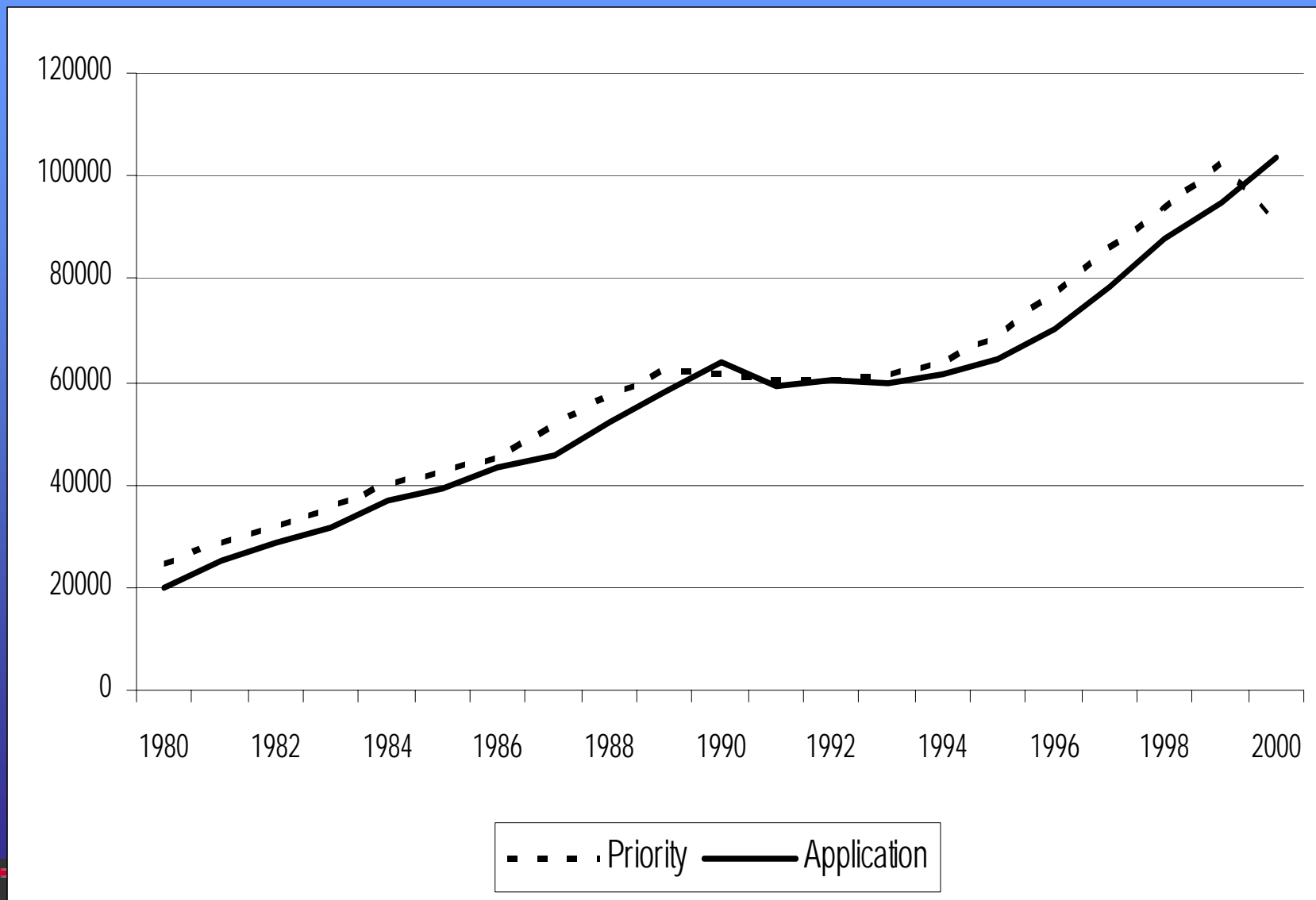
- Production de connaissances par les agents privés:
 - non rivalité
 - non exclusion
- Différentes politiques d'encouragement à la recherche:
 - organismes publics (CNRS, ANVAR...)
 - réduction du coût privé de la recherche
 - a. subventions à la R&D
 - b. crédit d'impôt recherche

Effets estimés positifs

- Augmenter le rendement privé de la recherche
 - favoriser la coopération en R&D
 - renforcer les Droits de Propriété Intellectuelle

Résultats empiriques ambigus

Dépôts de brevets en Europe



Motivation : quelles incitations à innover le système de brevets confère-t-il ?

➤ **Lien innovation – brevet :**

- quelles innovations sont brevetées ?
- déjà très étudié dans la littérature

➤ **Lien brevet – innovation :**

- le brevet incite-t-il à innover plus ?
- si oui, est-il incitatif pour tous types d'innovation ?

Champ : industrie manufacturière

Dimension identifiante : « one size fits all ? »

Un unique système de brevet mais plus ou moins bien adapté selon le secteur d'activité.

Comportement économique sous-jacent (1)

➤ 3 étapes

1. Décision de s'engager dans des activités de R&D
2. Innovation éventuelle
(qualité, degré d'appropriabilité)
3. Décision de déposer un brevet

- **Lorsqu'elle prend sa décision d'innovation, la firme *anticipe* les gains potentiels qu'elle aura à protéger son innovation par un brevet**

Comportement économique sous-jacent (2)

On obtient donc :

$$\mu^* = f(z^*, X_{\text{inno}}) \quad \text{valeur de l'innovation}$$

$$z^* = r^*(\mu^*, X_{\text{appro}}) \quad \text{valeur anticipée du brevet}$$

➤ *Simultanéité*

➤ *Contraintes d'identification:*

-les conditions d'appropriation n'affectent la qualité de l'innovation qu'au travers de la prime de brevet

- les inputs de l'innovation n'affectent la prime de brevet qu'au travers de la qualité de l'innovation

Equations estimées

- Le système précédent est :
 - ◆ Adapté pour prendre en compte Innovations de produit et innovations de procédé
 - ◆ Linéarisé
- On n'observe pas l'**anticipation** z^* du gain à breveter, mais le dépôt de brevet lui-même (propension à breveter **effectivement**)

On estime donc **le système équivalent suivant**:

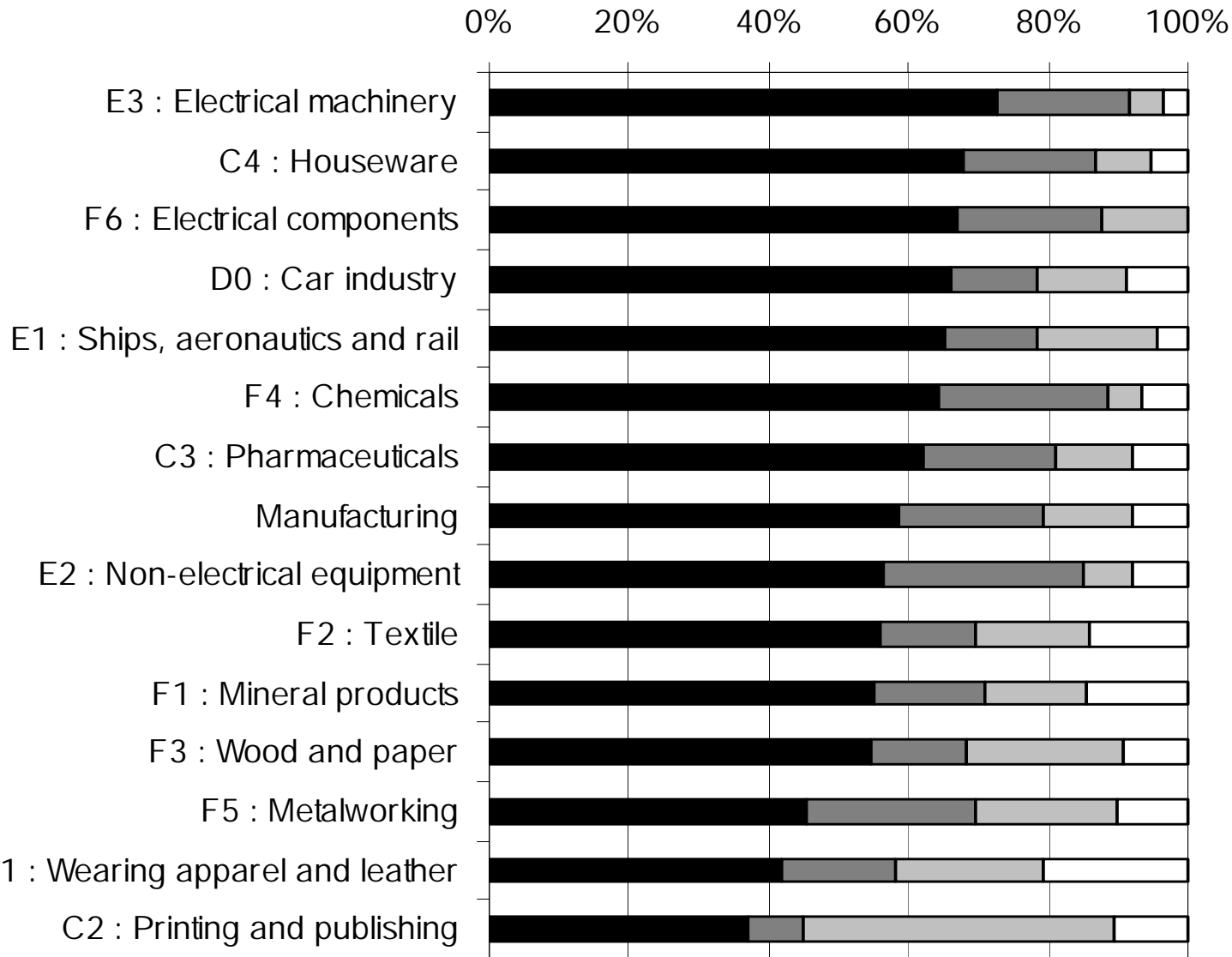
$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_{\text{prod}}^* = \alpha_{\text{prod}} \mathbf{B}^* + \mathbf{X}_{\text{inno}} \boldsymbol{\beta}_{\text{prod}} + \mathbf{u}_{\text{prod}} - \alpha_{\text{prod}} \times \varepsilon \\ \mu_{\text{proc}}^* = \alpha_{\text{proc}} \mathbf{B}^* + \mathbf{X}_{\text{inno}} \boldsymbol{\beta}_{\text{proc}} + \mathbf{u}_{\text{proc}} - \alpha_{\text{proc}} \times \varepsilon \\ \mathbf{B}^* = \underbrace{\alpha_{\text{brev}}^{\text{prod}} \mu_{\text{prod}}^* + \alpha_{\text{brev}}^{\text{proc}} \mu_{\text{proc}}^* + \mathbf{X}_{\text{appro}} \boldsymbol{\beta}_{\text{brev}}}_{z^*} + \varepsilon \end{array} \right.$$

Données utilisées

- « **Financement de l'Innovation Technologique** »
(SESSI, période 1997-1999)
- **Enquête Innovation CIS2**
(SESSI, période 1994-1996)
- **Fichiers fiscaux BRN**
(DGI, année 1996)
- **Enquête Annuelle d'Entreprise**
(SESSI, 1996)

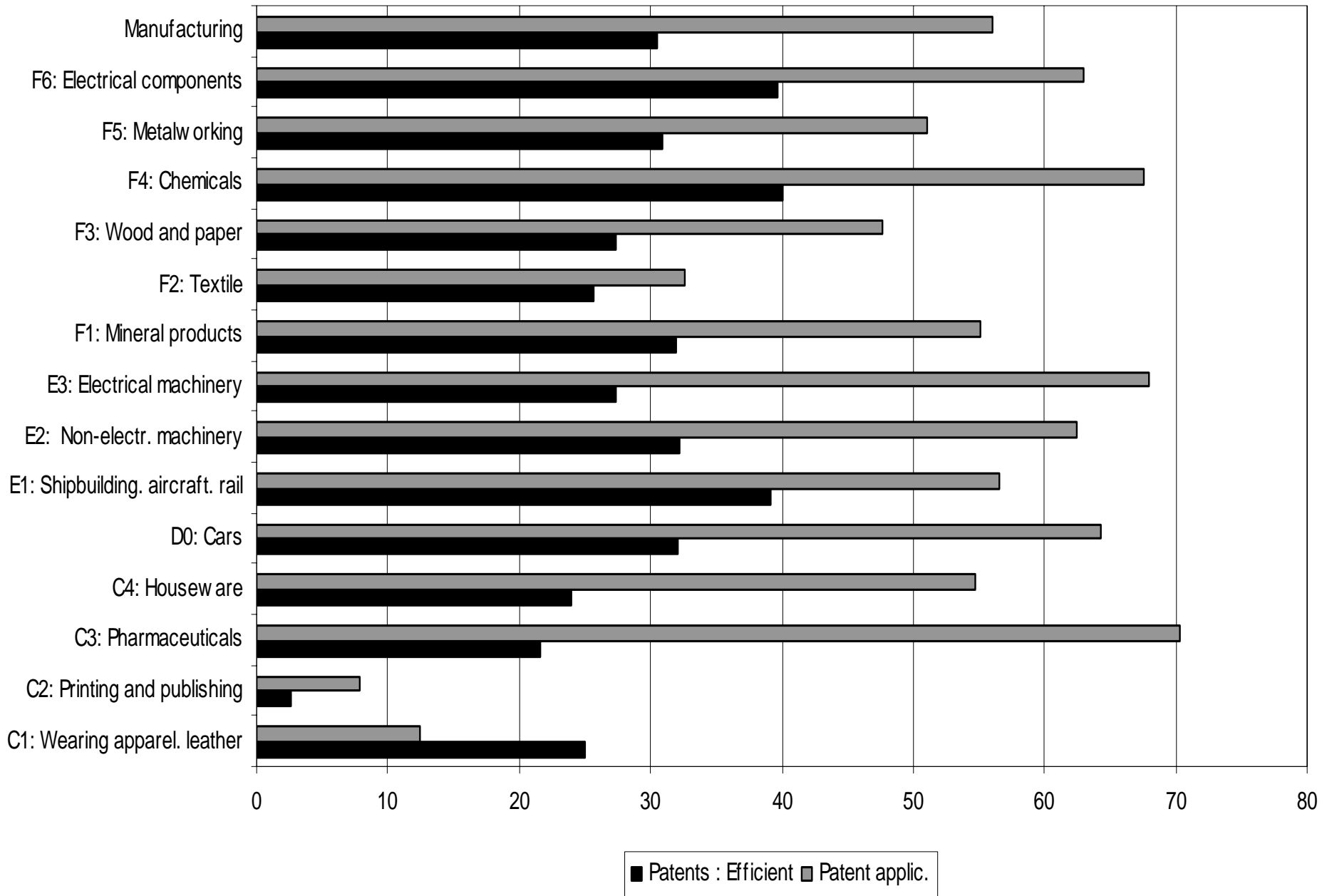
Enfin, finalement **1027 entreprises**, toutes engagées dans des activités d'innovation (couronnées de succès ou non).

Comportement d'innovation par industrie (dans l'échantillon)



Product and process
 Product only
 Process only
 No innovation

Brevets : dépôt et efficacité



Estimation du Modèle

➤ Modèle « structurel » (variables latentes)

$$\begin{cases} \mu_{\text{prod}}^* & = \alpha_{\text{prod}} \mathbf{B}^* + \mathbf{X}_{\text{inno}} \boldsymbol{\beta}_{\text{prod}} + \mathbf{u}_{\text{prod}} - \alpha_{\text{prod}} \times \boldsymbol{\varepsilon} \\ \mu_{\text{proc}}^* & = \alpha_{\text{proc}} \mathbf{B}^* + \mathbf{X}_{\text{inno}} \boldsymbol{\beta}_{\text{proc}} + \mathbf{u}_{\text{proc}} - \alpha_{\text{proc}} \times \boldsymbol{\varepsilon} \\ \mathbf{B}^* & = \alpha_{\text{brev}}^{\text{prod}} \mu_{\text{prod}}^* + \alpha_{\text{brev}}^{\text{proc}} \mu_{\text{proc}}^* + \mathbf{X}_{\text{appro}} \boldsymbol{\beta}_{\text{brev}} + \boldsymbol{\varepsilon} \end{cases}$$

Estimation par Maximum de Vraisemblance

➤ Variables observées

$$\begin{cases} \text{Prod} & = \mathbf{1}_{(\mu_{\text{prod}}^* > 0)} \\ \text{Proc} & = \mathbf{1}_{(\mu_{\text{proc}}^* > 0)} \\ \text{Brevet} & = \mathbf{1}_{(z^* > 0)} \times \mathbf{1}_{(\max(\mu_{\text{prod}}^*, \mu_{\text{proc}}^*) > 0)} \end{cases}$$

Estimation de la forme réduite (1)

➤ Forme réduite du modèle :

$$\begin{cases} \mu_{\text{prod}}^* & = & \mathbf{X}\pi_1 + \eta_1 \\ \mu_{\text{proc}}^* & = & \mathbf{X}\pi_2 + \eta_2 \\ \mathbf{P}^* & = & \mathbf{X}\pi_3 + \eta_3 \end{cases} \quad \eta = \begin{pmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \end{pmatrix} \text{ iid } \mathbf{N}[\mathbf{0}, \Sigma], \quad \Sigma = \begin{pmatrix} 1 & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{12} & 1 & \sigma_{23} \\ \sigma_{13} & \sigma_{23} & 1 \end{pmatrix}$$

➤ Les quantités qui posent problème sont les intégrales triples, par exemple :

$$\begin{aligned} p_{111} &= \Pr \left[\text{Prod}_i = 1, \text{Proc}_i = 1, \text{Brev}_i = 1 \mid \mathbf{X}_i, \boldsymbol{\pi}, \boldsymbol{\Sigma} \right] \\ &= \int_{-\mathbf{X}\pi_1}^{+\infty} \int_{-\mathbf{X}\pi_2}^{+\infty} \int_{-\mathbf{X}\pi_3}^{+\infty} \varphi_3 \left(\eta_1, \eta_2, \eta_3 \mid \mathbf{X}, \boldsymbol{\pi}, \boldsymbol{\Sigma} \right) d\eta_1 d\eta_2 d\eta_3 \end{aligned}$$

Principe des méthodes de simulation

- Consiste à **remplacer l'intégrale multiple** (en fait l'espérance d'une fonction) **par une moyenne** de la même fonction calculée en différentes valeurs correspondant à des tirages effectués **dans la loi de la variable aléatoire multidimensionnelle**.

- On se simplifie la tâche en utilisant la **décomposition de Choleski** :

Puisque Σ est définie positive, il existe une matrice triangulaire inférieure Λ telle que $\Sigma = \Lambda \Lambda'$, d'où :

$$\eta_1 = \lambda_{11} v_1$$

$$\eta_2 = \lambda_{21} v_1 + \lambda_{22} v_2$$

$$\eta_3 = \lambda_{31} v_1 + \lambda_{32} v_2 + \lambda_{33} v_3$$

où $\mathbf{v} = (v_1, v_2, v_3)'$ est un **vecteur gaussien centré réduit**, dont les composantes sont **indépendantes**.

On tire dans \mathbf{V} plutôt que dans η .

Principe du Simulateur GHK

- Fondé sur un tirage **récuratif** dans des lois normales tronquées
- « Intuition » dans le cas de deux variables :

$$\begin{aligned} \mathbf{P}(\eta_1 > \mathbf{c}_1, \eta_2 > \mathbf{c}_2) &= \mathbf{P}\left(\mathbf{v}_1 > \frac{\mathbf{c}_1}{\lambda_{11}}, \mathbf{v}_2 > \frac{\mathbf{c}_2}{\lambda_{22}} + \frac{\lambda_{21}}{\lambda_{22}} \mathbf{v}_1\right) \\ &= \mathbf{P}\left(\mathbf{v}_1 > \frac{\mathbf{c}_1}{\lambda_{11}}\right) \cdot \mathbf{P}\left(\mathbf{v}_2 > \frac{\mathbf{c}_2}{\lambda_{22}} + \frac{\lambda_{21}}{\lambda_{22}} \mathbf{v}_1 \mid \mathbf{v}_1 > \frac{\mathbf{c}_1}{\lambda_{11}}\right) \\ &= \mathbf{P}\left(\mathbf{v}_1 > \frac{\mathbf{c}_1}{\lambda_{11}}\right) \cdot \mathbf{P}\left(\mathbf{v}_2 > \frac{\mathbf{c}_2}{\lambda_{22}} + \frac{\lambda_{21}}{\lambda_{22}} \tilde{\mathbf{v}}_1\right) \end{aligned}$$

où $\tilde{\mathbf{v}}_1$ est une v.a. normale **tronquée** inférieurement en $\mathbf{c}_1/\lambda_{11}$

- on calcule le premier terme

- on tire $\tilde{\mathbf{v}}_1$

- on calcule le second terme, etc.

} 1 simulation

...puis on moyenne sur toutes les simulations

$$\mathbf{P}(\eta_1 > \mathbf{c}_1, \eta_2 > \mathbf{c}_2) \approx \frac{1}{50} \sum_{d=1}^{50} \Phi\left(\frac{\mathbf{c}_1}{\lambda_{11}}\right) \Phi\left(\frac{\mathbf{c}_2 + \lambda_{21} \tilde{\mathbf{v}}_1^d}{\lambda_{22}}\right)$$

Principales propriétés du simulateur GHK

- **Convergence et normalité asymptotiques** (lorsque le nombre d'observations et de simulations tendent vers l'infini)
- On n'utilise pas une méthode d'acceptation-rejet pour les tirages dans les lois normales tronquées :
on transforme une loi uniforme entre 0 et 1 en une loi normale tronquée :

$$q(u, a, b) = \Phi^{-1} \left[(1 - u)\Phi(a) + u\Phi(b) \right]$$

- Les grandeurs simulées sont alors **continues par rapport aux paramètres**, ce qui les rend plus aisées à **maximiser**
- Méthode de simulation **efficace** (convergence atteinte pour un nombre très faible de simulations)

Résultats obtenus

(forme réduite)

- Nous retrouvons que:
 - ◆ La **probabilité d'innover en produit** augmente avec le montant de **R&D interne**, le sentiment que **les brevets sont efficaces** et les **opportunités technologiques**
 - ◆ La **probabilité d'innover en procédés** augmente surtout avec **l'achat d'équipements innovants** (innovation incorporée)
 - ◆ La probabilité de **déposer un brevet** augmente avec le **sentiment que les brevets sont efficaces**, la **R&D** et la **taille**
 - Nous obtenons des **corrélations positives significatives** entre :
 - ◆ Innovation de produit et innovation de procédé (complémentarités)
 - ◆ **Brevet et Innovation de produit**
- Pas de corrélation entre brevet et innovation de procédé.

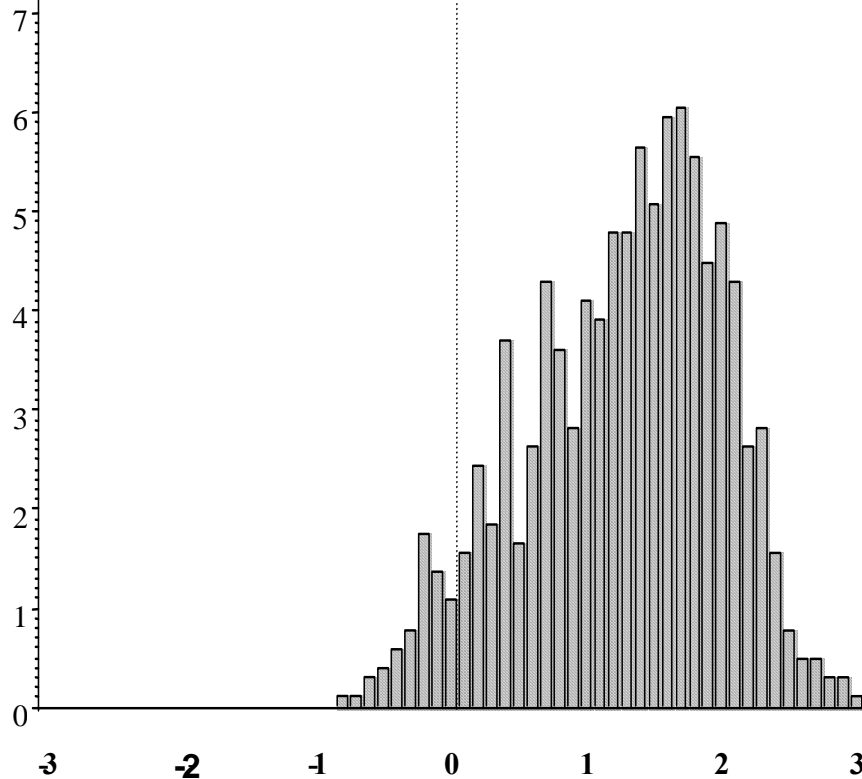
Estimation du modèle structurel (Moindres Carrés Asymptotiques)

| | Brevet | Prod. | Proc. | | Brevet | Prod. | Proc |
|-------------------------------|--------|--------|-------|--------------------------|--------|--------|--------|
| Brevet | - | 0.35** | 0,03 | R&D interne : | | | |
| Produit | 0.77** | - | - | faibles | - | 0.36** | -0,19 |
| Procédé | 0.53 | - | - | élevées | - | 0.55** | -0,04 |
| Jugement Brevets : | | | | R&D externe : | | | |
| efficaces | 0.56** | - | - | faibles | - | 0.17 | 0,09 |
| très efficaces | 0.71** | - | - | élevées | - | 0.06 | 0,16 |
| Opportunités technologiques : | | | | Dépenses en Equipement : | | | |
| faibles | -0.32 | 0.43** | 0,21* | faibles | - | -0.16 | 0,40** |
| élevées | -0.33 | 0.41** | 0,27* | élevées | - | -0.12 | 0,18 |
| | -0.32 | 0.43** | 0,21* | Ln(taux d'imitation) | - | 0.36** | -0,19 |
| | | | | | | -1.04 | - |
| Test de suridentification | | | | Degrés de liberté | | 8 | |
| Statistique | | 3.915 | | Significativité | | 0.865 | |

**Le brevet incite à innover en produits
mais PAS en procédés**

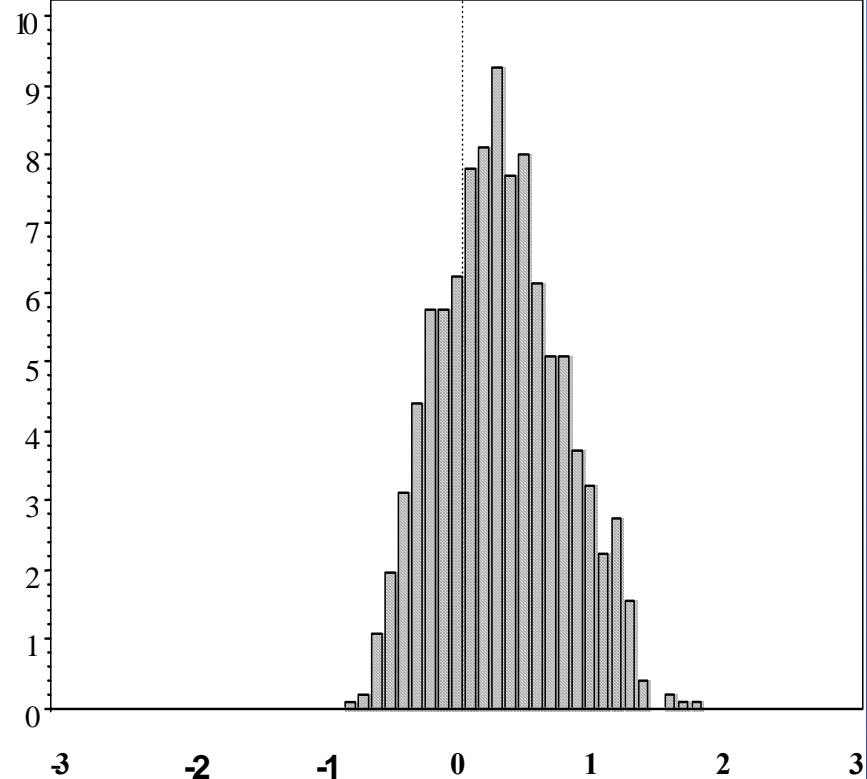
Distributions des Valeurs des Innovations

%



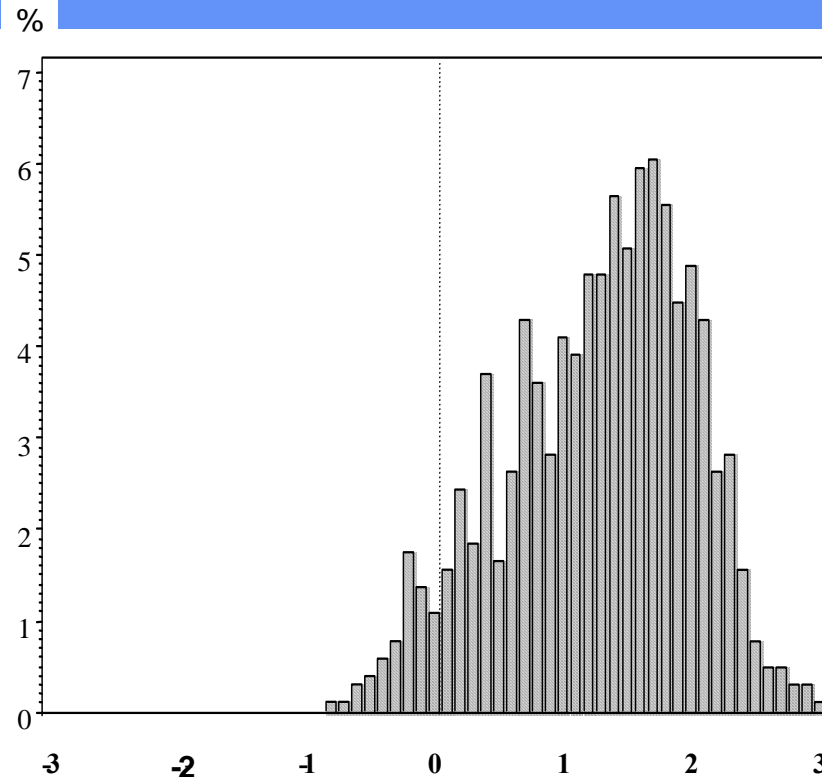
Produit : asymétrique

%

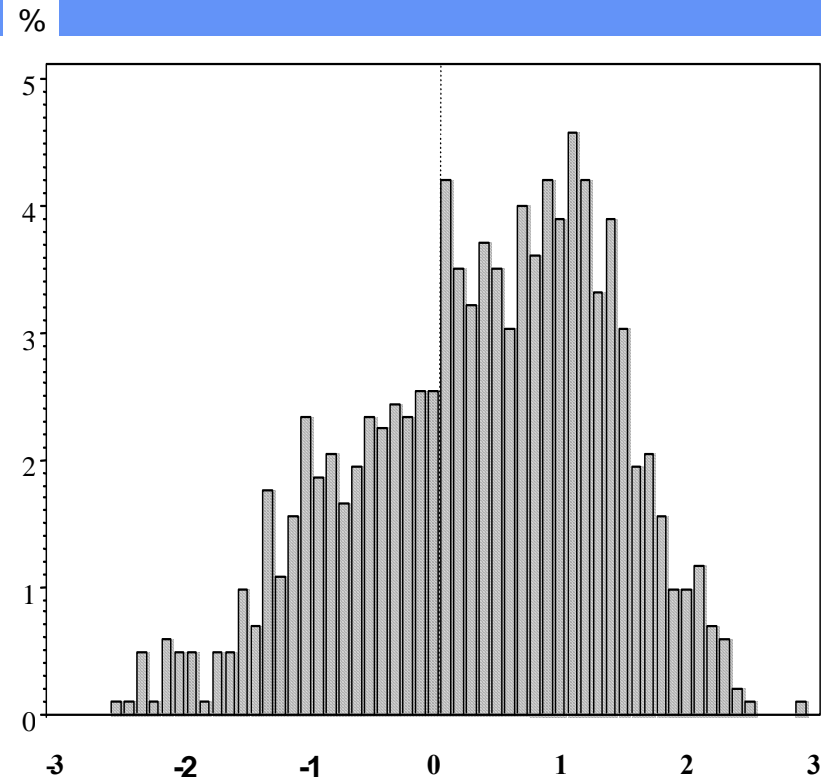


Procédé : symétrique

Valeur du brevet et Innovation de Produit



Produit : asymétrique, la plupart des projets est réalisée



Brevet : asymétrique, peu de dépôts effectifs

Eléments de Conclusion

- Le dépôt de brevet n'est pas automatique parmi les entreprises innovantes
- Le brevet semble avoir un impact sur l'innovation de produit seulement, mais pas sur l'innovation de procédé
- Les distributions des valeurs des innovations de produit et de brevet sont très asymétriques.

Cette asymétrie est liée à des jugements contrastés sur l'efficacité du système de brevet (selon le secteur)

ainsi qu'à des efforts de R&D différenciés.