

2002s-47

# Valorisation d'Options par Optimisation du Sharpe Ratio

*Yoshua Bengio, Réjean Ducharme,  
Olivier Bardou, Nicolas Chapados*

---

**Série Scientifique**  
*Scientific Series*

---



**CIRANO**  
Centre interuniversitaire de recherche  
en analyse des organisations

Montréal  
Mai 2002

## CIRANO

Le CIRANO est un organisme sans but lucratif constitué en vertu de la Loi des compagnies du Québec. Le financement de son infrastructure et de ses activités de recherche provient des cotisations de ses organisations-membres, d'une subvention d'infrastructure du ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, de même que des subventions et mandats obtenus par ses équipes de recherche.

*CIRANO is a private non-profit organization incorporated under the Québec Companies Act. Its infrastructure and research activities are funded through fees paid by member organizations, an infrastructure grant from the Ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, and grants and research mandates obtained by its research teams.*

### Les organisations-partenaires / The Partner Organizations

- École des Hautes Études Commerciales
- École Polytechnique de Montréal
- Université Concordia
- Université de Montréal
- Université du Québec à Montréal
- Université Laval
- Université McGill
- Ministère des Finances du Québec
- MRST
- Alcan inc.
- AXA Canada
- Banque du Canada
- Banque Laurentienne du Canada
- Banque Nationale du Canada
- Banque Royale du Canada
- Bell Canada
- Bombardier
- Bourse de Montréal
- Développement des ressources humaines Canada (DRHC)
- Fédération des caisses Desjardins du Québec
- Hydro-Québec
- Industrie Canada
- Pratt & Whitney Canada Inc.
- Raymond Chabot Grant Thornton
- Ville de Montréal

© 2002 Yoshua Bengio, Réjean Ducharme, Olivier Bardou et Nicolas Chapados. Tous droits réservés. *All rights reserved.* Reproduction partielle permise avec citation du document source, incluant la notice ©.  
*Short sections may be quoted without explicit permission, if full credit, including © notice, is given to the source.*

Les cahiers de la série scientifique (CS) visent à rendre accessibles des résultats de recherche effectuée au CIRANO afin de susciter échanges et commentaires. Ces cahiers sont écrits dans le style des publications scientifiques. Les idées et les opinions émises sont sous l'unique responsabilité des auteurs et ne représentent pas nécessairement les positions du CIRANO ou de ses partenaires.

*This paper presents research carried out at CIRANO and aims at encouraging discussion and comment. The observations and viewpoints expressed are the sole responsibility of the authors. They do not necessarily represent positions of CIRANO or its partners.*

# Valorisation d'options par optimisation du Sharpe Ratio

*Yoshua Bengio<sup>\*</sup>, Réjean Ducharme<sup>†</sup>, Olivier Bardou<sup>‡</sup> et Nicolas Chapados<sup>§</sup>*

## Résumé / Abstract

Les travaux précédents sur la valorisation des options entraient en gros dans deux catégories : ou bien ils étaient basés sur de fortes hypothèses distributionnelles ou économiques, ou bien ils essayaient d'imiter la formule de Black-Scholes par des modèles statistiques entraînés à approximer les prix de marché quotidiens à l'aide d'information disponible le jour même. Le travail présenté ici se rapproche plus de la deuxième catégorie mais son objectif est différent : prédire les prix futurs d'une option, et établir sa valeur courante à l'aide d'un scénario de transactions. Ce travail innove donc de deux façons : premièrement, il propose une méthode empirique et sans hypothèse pour comparer différents systèmes de valorisation d'options (en transigeant contre lui-même ou contre le marché) et deuxièmement, il utilise ce critère pour entraîner un modèle statistique non-paramétrique (utilisant dans ce cas-ci des réseaux de neurones) pour estimer un prix pour l'option qui maximise l'utilité espérée lorsque l'on transige contre le marché. À noter que les prix dépendront de la fonction d'utilité ainsi que du portefeuille (i.e. des risques courants) de la personne qui transige. Des résultats préliminaires sur des options d'achat du S&P 500 sont présentés.

*Prior work on option pricing falls mostly in two categories: it either relies on strong distributional or economical assumptions, or it tries to mimic the Black-Scholes formula through statistical models, trained to fit today's market price based on information available today. The work presented here is closer to the second category but its objective is different: predict the future value of the option, and establish its current value based on a trading scenario. This work thus innovates in two ways: first it proposes an empirical and hypothesis-free method to compare different option pricing systems (by having trade against each other or against the market), second it uses this criterion to train a non-parametric statistical model (here based on neural networks) to estimate a price for the option that maximizes the expected utility when trading against the market. Note that the price will depend on the utility function and current portfolio (i.e. current risks) of the trading agent. Preliminary experiments are presented on the S&P 500 options.*

**Mots-clés :** Black-Scholes, valorisation d'options, modèle statistique non-paramétrique.

**Keywords:** *Black-Scholes, option pricing, non-parametric statistical model.*

---

<sup>\*</sup> CIRANO et Département d'informatique et recherche opérationnelle, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada, H3C 3J7. Tel: +1 (514) 343-6804, email: bengioy@iro.umontreal.ca

<sup>†</sup> CIRANO et Département d'informatique et recherche opérationnelle, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada, H3C 3J7. Email: ducharme@iro.umontreal.ca

<sup>‡</sup> Département d'informatique et recherche opérationnelle, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada, H3C 3J7

<sup>§</sup> CIRANO et Département d'informatique et recherche opérationnelle, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada, H3C 3J7. Email: chapados@iro.umontreal.ca

# 1 Introduction

Nos travaux précédents (GARCIA et GENÇAY 1998; DUGAS, BENGIO, BÉLISLE, NADEAU et GARCIA 2001; BARDOU et BENGIO 2002; DUGAS et BENGIO 2002; DUGAS, BENGIO, BÉLISLE, NADEAU et GARCIA 2002) se sont concentrés sur la modélisation du prix des options avec des méthodes statistiques à partir des intrants de la formule de Black-Scholes (BLACK et SCHOLES 1973). Ici, nous prenons une direction différente basée sur l'idée de déterminer un prix rationnel des options d'achat européennes de manière empirique. La prémisse est qu'il nous faut un moyen de comparer plusieurs méthodes de valorisation d'options sans se référer uniquement au prix du marché au moment de la valorisation (car le prix au marché pourrait ne pas être efficace, et c'est justement ce qu'un spéculateur voudrait découvrir). En effet chacune de ces méthodes peut dépendre de différentes hypothèses statistiques ou économiques : il est difficile de savoir ce qui arrive quand ces hypothèses ne sont pas tout à fait valides. Après avoir élaboré une approche empirique pour comparer *a-posteriori* et de manière empirique la qualité de différentes méthodes de valorisation d'option, nous considérons comment **optimiser** une méthode de valorisation de manière à augmenter sa *qualité*.

## 2 L'idée

Supposons que nous connaissions le prix "juste" d'une option d'achat d'un certain type (c'est à dire qui mature à une certaine date, et avec un certain prix d'exercice), pour un certain sous-jacent. À une date initiale  $t_1$ , si ce prix est suffisamment supérieur à celui du marché, nous décidons donc d'acheter ces options au prix du marché puis de les revendre à une date ultérieure  $t_2$ , toujours au prix du marché (il y a certainement des manières plus sophistiquées d'exploiter un *mis-pricing* du marché mais nous avons d'abord choisi celle-là pour sa simplicité). Inversement, si la valorisation prédite à  $t_1$  est suffisamment inférieure au prix du marché à  $t_1$ , on peut vendre une certaine quantité de l'option (à découvert), pour la racheter à une date ultérieure  $t_2$ . Dans nos expériences nous considérons pour chaque  $t_1$  où l'option s'est transigée un grand nombre de dates  $t_2 > t_1$  mais  $t_2$  inférieure à la date de maturité moins une semaine, telles qu'une transaction à été rapportée dans les données pour la date  $t_2$ .

Formellement, soient  $c_t$ , le prix au marché de l'option d'achat à la date  $t$ ,  $\eta_t$ , la quantité d'options à transiger à la date  $t$  (si  $\eta$  devait être négative, nous vendrions à la date  $t_1$  pour acheter à  $t_2$ ). Soit enfin  $f_t$ , notre prix "juste" de l'option d'achat à la date  $t$ . Nous acquérons donc  $\eta_{t_1}$  options d'achat au prix  $c_{t_1}$  et les revendons au prix  $c_{t_2}$ . Par conséquent, dans le cas d'une transaction sans frais, notre profit sur la période  $[t_1, t_2]$  sera :

$$p_{t_1, t_2} = \eta_{t_1}(c_{t_2} - c_{t_1}).$$

De façon plus réaliste, nous devons ajouter à cette formule des frais de transaction additifs (indépendant de la quantité et de la valeur des options transigées)

$\alpha$ , ainsi que des frais multiplicatifs (qui dépendent de la valeur transigée à l'achat ET à la vente) avec un facteur  $\beta$ . Donc, si on tient compte des frais de transaction, le profit d'une transaction s'écrit plutôt :

$$p_{t_1, t_2} = \eta_{t_1}(c_{t_2} - c_{t_1}) - \beta|\eta_{t_1}|(c_{t_2} + c_{t_1}) - 2\alpha$$

Avant d'aller plus loin, et puisque nos transactions s'échelonnent sur différentes périodes de temps, il serait bon d'introduire le concept d'actualisation du prix des options. Ce concept a pour but de tenir compte du fait que 1\$ transigé hier vaut plus que 1\$ transigé aujourd'hui et qui lui vaut plus que 1\$ transigé demain. Ceci peut être expliqué par le fait qu'un placement sans risque de 1\$ à un taux d'intérêt quotidien  $r_t$  au temps  $t$  vaudra, au temps  $\tau > t$ ,  $e^{r_{t,\tau}(\tau-t)/365}$  où  $r_{t,\tau}$  représente la valeur moyenne du taux d'intérêt quotidien sur la période  $[t, \tau]$ . Par conséquent, et pour des raisons de lisibilité, tous les prix d'option et de sous-jacents que nous utiliserons par la suite seront en réalité des prix actualisés à une date de référence  $t_0$  antérieure. Par exemple,  $c_{t_1}$  devrait être lu comme  $c_{t_1} e^{-r_{t_1, t_0}(t_1 - t_0)/365}$  (en supposant que les dates sont exprimées en jours).

Pour définir la *qualité* d'une stratégie de valorisation, il nous faut malheureusement faire un choix qui peut sembler un peu arbitraire, soit celui d'une fonctionnelle qui mesure cette qualité. Comme notre but n'est pas seulement de maximiser les profits, mais également de minimiser les risques, nous avons ici choisi comme critère le *Sharpe Ratio* (SHARPE 1994) défini par :

$$\text{Sharpe Ratio} = \frac{E[p_{t_1, t_2} | t_1]}{\sqrt{\text{Var}[p_{t_1, t_2} | t_1]}}$$

### 3 Choix de $\eta$

Ce qu'il nous faut maintenant c'est choisir  $\eta_{t_1} = f(y_{t_1} - c_{t_1})$ , où  $y_{t_1}$  est la valorisation de  $c_{t_1}$  faite par un réseau de neurones et  $f()$  est une fonction monotone croissante qui nous reste à déterminer. Pour ce faire, nous ferons les suppositions statistiques suivantes :

$$\begin{aligned} E[c_{t_2} | t_1] &= y_{t_1} \\ \text{Var}[c_{t_2} | t_1] &= \sigma^2 c_{t_1}^2 \end{aligned}$$

**Cas spécial à une seule paire de transactions** Pour ce cas spécial, on peut écrire le profit comme :

$$p_{t_1, t_2} = \eta(c_{t_2} - c_{t_1}) - 2\alpha\mathcal{I}_{\eta \neq 0} - \beta|\eta|(c_{t_2} + c_{t_1})$$

où  $\mathcal{I}$  est la fonction identité. Étant donnée cette formule pour le profit, on obtient les statistiques suivantes :

$$\begin{aligned} E[p_{t_1, t_2} | t_1] &= \eta(y_{t_1} - c_{t_1}) - 2\alpha\mathcal{I}_{\eta \neq 0} - \beta|\eta|(y_{t_1} + c_{t_1}) \\ &= \eta y_{t_1} (1 - \beta \text{sign}(\eta)) - \eta c_{t_1} (1 + \beta \text{sign}(\eta)) - 2\alpha\mathcal{I}_{\eta \neq 0} \\ \text{Var}[p_{t_1, t_2} | t_1] &= \eta^2 \sigma^2 c_{t_1}^2 (1 - \beta \text{sign}(\eta))^2 \end{aligned}$$

en utilisant le fait que  $|\eta| = \eta \text{sign}(\eta)$ . La formule du *Sharpe Ratio* devient alors :

$$\begin{aligned} \text{Sharpe Ratio} &= \frac{\eta y_{t_1}(1 - \beta \text{sign}(\eta)) - \eta c_{t_1}(1 + \beta \text{sign}(\eta)) - 2\alpha \mathcal{I}_{\eta \neq 0}}{\sqrt{\eta^2 \sigma^2 c_{t_1}^2 (1 - \beta \text{sign}(\eta))^2}} \\ &= \frac{y_{t_1}(1 - \beta \text{sign}(\eta)) - c_{t_1}(1 + \beta \text{sign}(\eta))}{\text{sign}(\eta) \sigma c_{t_1} (1 - \beta \text{sign}(\eta))} - \frac{2\alpha \mathcal{I}_{\eta \neq 0}}{\eta \text{sign}(\eta) \sigma c_{t_1} (1 - \beta \text{sign}(\eta))} \\ &= \frac{\Delta}{\text{sign}(\eta) \sigma c_{t_1} (1 - \beta \text{sign}(\eta))} - \frac{2\alpha \mathcal{I}_{\eta \neq 0}}{\eta \text{sign}(\eta) \sigma c_{t_1} (1 - \beta \text{sign}(\eta))} \end{aligned}$$

avec  $\Delta \equiv y_{t_1}(1 - \beta \text{sign}(\eta)) - c_{t_1}(1 + \beta \text{sign}(\eta))$ .

Étant donné que  $\text{Sharpe Ratio} \sim \frac{-1}{\eta \text{sign}(\eta)}$  (pour ce cas spécial), la fonction d'utilité est maximale lorsque  $\eta \rightarrow \pm\infty$ , ce qui n'est pas vraiment intéressant. Mais on peut quand même trouver la condition pour laquelle le profit espéré sera positif.

$$\begin{aligned} \text{Sharpe Ratio} > 0 &\Leftrightarrow \eta \Delta - 2\alpha > 0 \\ &\Leftrightarrow \eta \Delta > 2\alpha \end{aligned}$$

$$\text{Cas 1 : } \Delta > 0 \Rightarrow \eta > \frac{2\alpha}{\Delta}$$

$$\text{Cas 2 : } \Delta < 0 \Rightarrow \eta < \frac{2\alpha}{\Delta}$$

Sinon, il est préférable de choisir  $\eta = 0$ .

**Cas à deux paires de transaction** Dans ce cas, la fonction d'utilité s'écrit :

$$\begin{aligned} \text{Sharpe Ratio} &= \frac{\eta_1 \Delta_1 + \eta_2 \Delta_2 - 4\alpha \mathcal{I}_{\eta \neq 0}}{\sqrt{\eta_1^2 \sigma_1^2 c_{1t}^2 (1 - \beta \text{sign}(\eta_1))^2 + \eta_2^2 \sigma_2^2 c_{2t}^2 (1 - \beta \text{sign}(\eta_2))^2}} \\ &\equiv \frac{\mu_p}{\sigma_p} \end{aligned}$$

On suppose maintenant que  $\eta_1$  et  $\eta_2$  sont non-nuls. On fixe alors  $\eta_2$  et on cherche  $\eta_1$  (relatif à  $\eta_2$ ) qui maximise le *Sharpe Ratio*. Étant donné que le *Sharpe Ratio* n'est plus une fonction simple de  $\eta_1$ , on se retrouve maintenant avec la dérivée suivante :

$$\frac{\partial \text{Sharpe Ratio}}{\partial \eta_1} = \frac{\Delta_1}{\sigma_p} - \frac{\eta_1 \Delta_1 + \eta_2 \Delta_2 - 4\alpha}{\sigma_p^3} \eta_1 \sigma_1^2 c_{1t}^2 (1 - \beta \text{sign}(\eta_1))^2 = 0$$

ou, après quelques calculs,

$$\eta_1 = \frac{\Delta_1 \eta_2^2}{\Delta_2 \eta_2 - 4\alpha} \frac{\sigma_2^2 c_{2t}^2 (1 - \beta \text{sign}(\eta_2))^2}{\sigma_1^2 c_{1t}^2 (1 - \beta \text{sign}(\eta_1))^2}$$

Maintenant, pour simplifier un peu, on suppose que  $\sigma_1 \approx \sigma_2$ ,  $c_{1t} \approx c_{2t}$ , et en prenant avantage du fait que  $\frac{1 - \beta \text{sign}(\eta_2)}{1 - \beta \text{sign}(\eta_1)} \approx 1$ , on a :

$$\eta_1 = \frac{\Delta_1 \eta_2^2}{\Delta_2 \eta_2 - 4\alpha}$$

ou

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\Delta_1}{\Delta_2 - 4\alpha/\eta_2}$$

Étant donné que  $\eta_2$  représente une “autre paire de transactions” arbitraire, nous proposons le système de décision suivant (en ne considérant qu’une paire de transactions à la fois) :

$$\begin{aligned} direction &= \tanh(\gamma_1(y_{t_1} - c_{t_1})) \\ \Delta &= y_{t_1}(1 - \beta * direction) - c_{t_1}(1 + \beta * direction) \\ \tilde{\eta}_{t_1} &= C * \Delta \\ n &= \tilde{n} \text{ sigmoid}(\beta(\tilde{n}\Delta - 2\alpha)) \\ \eta_{t_1} &= \tilde{\eta}_{t_1} * \text{sigmoid}(\gamma_2(\tilde{\eta}_{t_1}\Delta - 2\alpha)) \end{aligned}$$

où  $C$  représente notre capital disponible, et  $\gamma_1$  et  $\gamma_2$  sont 2 paramètres de lissage.

## 4 Mise en œuvre

Comme dans nos travaux précédents, nous utiliserons un réseau de neurones à 1 couche cachée, pour apprendre la valorisation des options, de la forme :

$$y_{t_1} = v_0 + v * \tanh(w * x_{t_1} + w_0)$$

où  $x_{t_1}$  représente le vecteur d’entrée au temps  $t_1$ , et les paramètres appris sont  $(w, w_0, v, v_0)$ . Le vecteur d’entrées est constituée des données suivantes :

- $T - t_1$  ( $T$  = maturité de l’option)
- $r_{t_1}$  (taux d’intérêt)
- $\log(c_{t_1}/K)$  ( $K$  = prix ”strike” à maturité)
- $\log(s_{t_1}/K)$  ( $s_t$  = prix ”spot” du sous-jacent au temps  $t$ )

à cela, on ajoute également des moyennes mobiles sur 1, 2, 5, 10 et 20 jours de  $c_t$  et  $s_t$ .

Nous avons testé notre modèle sur les données d’options d’achat du S&P500 pour les années 1994-1997 et janvier 2000 à août 2001. Nous n’avons pas utilisé nos données de 1987-1983 car le volume des transactions n’y est pas disponible et nous n’avons pas confiance au supposé prix au marché pour les journées où

TAB. 1: *Sharpe Ratio* pour les options d’achat du S&P500 pour les années 1994-1997 et 2000 à aujourd’hui.  $\alpha$  représente les frais de transaction additifs (en \$),  $\beta$  les frais multiplicatifs (en %), et SR est un acronyme pour *Sharpe Ratio*. Le *Sharpe Ratio* naïf est calculé à partir de l’achat d’un nombre constant du sous-jacent sur l’ensemble de test.

| $\alpha$ (\$) | $\beta$ (%) | SR (train) | SR (test) | SR naïf   |
|---------------|-------------|------------|-----------|-----------|
| 0             | 0           | 0.526799   | 0.52882   | 0.0424136 |
| 0             | 0.1         | 0.523222   | 0.525131  | 0.0424136 |
| 0             | 5           | 0.457221   | 0.458096  | 0.0424136 |
| 20            | 0           | 0.117902   | 0.130939  | 0.0424136 |
| 20            | 0.1         | 0.117506   | 0.130491  | 0.0424136 |
| 20            | 5           | 0.097403   | 0.10761   | 0.0424136 |

il n’y a pas eu de transaction. Pour chaque option transigée à  $t_1$  (avec maturité  $T$ ), nous avons gardé toutes les données avec  $t_2$  pour lesquelles  $t_1 < t_2 < T$  qui ont été transigées. Au total, ceci nous donne une base de données contenant 1029006 entrées.

## 5 Résultats et discussion

Dans cette section, nous présenterons nos résultats préliminaires. Pour chaque expérience, nous avons utilisé un réseau de neurones (comme décrit précédemment) avec 90 unités cachées et entraîné avec un maximum de 200 itérations utilisant un gradient conjugué batch (étant donné le coût *Sharpe Ratio*, il n’est pas possible d’utiliser le gradient stochastique). Pour chaque résultat, nous avons indiqué la valeur des frais de transaction (en \$ pour les frais additifs et en % pour les frais multiplicatifs), la valeur du *Sharpe Ratio* sur l’ensemble d’entraînement et de test. Nous avons également ajouté une valeur de référence (qu’il nous faut battre) et qui consiste à calculer le *Sharpe Ratio* (sur le même ensemble de test) pour un système naïf qui achète toujours le même nombre d’actions du sous-jacent (“naïf SR” dans le tableau), donc du SP500. Dans tous les cas, les données ont été mélangées au préalable, et la moitié des données furent utilisées pour l’entraînement et l’autre moitié pour le test.

Premièrement, rappelons que ce tableau ne résume que des résultats très préliminaires. Aussi, nous avons mené nos expériences avec des données mélangées pour vérifier la faisabilité de notre heuristique quant au choix de  $\eta$  (le nombre d’options à acheter ou à vendre, étant donné le prix appris par notre modèle).

Ce qui ressort des résultats du tableau 1, c’est que notre modèle est très performant à modéliser la distribution stationnaire des données, c’est-à-dire qu’il fait très bien sur des données mélangées. Pour toutes les combinaisons de frais de transaction, il fait beaucoup mieux que l’acheteur naïf qui achète toujours le même nombre d’actions du sous-jacent.



Pour la suite de notre projet de recherche, nous voulons évidemment étendre nos prévisions à des données non-mélangées qui conservent leur caractère temporel. Nous espérons également améliorer nos prédictions en augmentant notre base de données avec, entre autres, d'autres séries d'options provenant d'indices financiers différents. Il serait également intéressant de tester notre modèle avec des options de vente.

## Références

- BARDOU, O. et Y. BENGIO (2002), « Régularisation du prix des option : Stacking », Rapport technique 2002s-44, CIRANO, Montréal, Québec, Canada.
- BLACK, F. et M. SCHOLES (1973), « The Pricing of Options and Corporate Liabilities », *Journal of Political Economy* 81(3), p. 637–654.
- DUGAS, C. et Y. BENGIO (2002), « Étude du biais dans le prix des options », Rapport technique 2002s-45, CIRANO, Montréal, Québec, Canada.
- DUGAS, C., Y. BENGIO, F. BÉLISLE, C. NADEAU et R. GARCIA (2001), « A Universal Approximator of Convex Functions Applied to Option Pricing », *Advances in Neural Information Processing Systems*, Denver, CO,
- DUGAS, C., Y. BENGIO, F. BÉLISLE, C. NADEAU et R. GARCIA (2002), « Incorporating Second-Order Functional Knowledge for Better Option Pricing », Rapport technique 2002s-46, CIRANO, Montréal, Québec, Canada.
- GARCIA, R. et R. GENÇAY (1998), « Pricing and Hedging Derivative Securities with Neural Networks and a Homogeneity Hint », Rapport technique 98s-35, CIRANO, Montréal, Québec, Canada.
- SHARPE, W. F. (1994), « The Sharpe Ratio », *The Journal of Portfolio Management* 21(1), p. 49–58.

## Liste des publications au CIRANO\*

### Série Scientifique / *Scientific Series* (ISSN 1198-8177)

- 2002s-47 Valorisation d'options par optimisation du Sharpe Ratio / Y. Bengio, R. Ducharme, O. Bardou et N. Chapados
- 2002s-46 Incorporating Second-Order Functional Knowledge for Better Option Pricing / C. Dugas, Y. Bengio, F. Bélisle, C. Nadeau et R. Garcia
- 2002s-45 Étude du biais dans le Prix des Options / C. Dugas et Y. Bengio
- 2002s-44 Régularisation du Prix des Options : Stacking / O. Bardou et Y. Bengio
- 2002s-43 Monotonicity and Bounds for Cost Shares under the Path Serial Rule / Michel Truchon et Cyril Tétédo
- 2002s-42 Maximal Decompositions of Cost Games into Specific and Joint Costs / Michel Moreaux et Michel Truchon
- 2002s-41 Maximum Likelihood and the Bootstrap for Nonlinear Dynamic Models / Sílvia Gonçalves, Halbert White
- 2002s-40 Selective Penalization Of Polluters: An Inf-Convolution Approach / Ngo Van Long et Antoine Soubeyran
- 2002s-39 On the Mediational Role of Feelings of Self-Determination in the Workplace: Further Evidence and Generalization / Marc R. Blais et Nathalie M. Brière
- 2002s-38 The Interaction Between Global Task Motivation and the Motivational Function of Events on Self-Regulation: Is Sauce for the Goose, Sauce for the Gander? / Marc R. Blais et Ursula Hess
- 2002s-37 Static Versus Dynamic Structural Models of Depression: The Case of the CES-D / Andrea S. Riddle, Marc R. Blais et Ursula Hess
- 2002s-36 A Multi-Group Investigation of the CES-D's Measurement Structure Across Adolescents, Young Adults and Middle-Aged Adults / Andrea S. Riddle, Marc R. Blais et Ursula Hess
- 2002s-35 Comparative Advantage, Learning, and Sectoral Wage Determination / Robert Gibbons, Lawrence F. Katz, Thomas Lemieux et Daniel Parent
- 2002s-34 European Economic Integration and the Labour Compact, 1850-1913 / Michael Huberman et Wayne Lewchuk
- 2002s-33 Which Volatility Model for Option Valuation? / Peter Christoffersen et Kris Jacobs
- 2002s-32 Production Technology, Information Technology, and Vertical Integration under Asymmetric Information / Gamal Atallah
- 2002s-31 Dynamique Motivationnelle de l'Épuisement et du Bien-être chez des Enseignants Africains / Manon Levesque, Marc R. Blais, Ursula Hess
- 2002s-30 Motivation, Comportements Organisationnels Discrétionnaires et Bien-être en Milieu Africain : Quand le Devoir Oblige / Manon Levesque, Marc R. Blais et Ursula Hess

---

\* Consultez la liste complète des publications du CIRANO et les publications elles-mêmes sur notre site Internet :

- 2002s-29 Tax Incentives and Fertility in Canada: Permanent vs. Transitory Effects / Daniel Parent et Ling Wang
- 2002s-28 The Causal Effect of High School Employment on Educational Attainment in Canada / Daniel Parent
- 2002s-27 Employer-Supported Training in Canada and Its Impact on Mobility and Wages / Daniel Parent
- 2002s-26 Restructuring and Economic Performance: The Experience of the Tunisian Economy / Sofiane Ghali and Pierre Mohnen
- 2002s-25 What Type of Enterprise Forges Close Links With Universities and Government Labs? Evidence From CIS 2 / Pierre Mohnen et Cathy Hoareau
- 2002s-24 Environmental Performance of Canadian Pulp and Paper Plants : Why Some Do Well and Others Do Not ? / Julie Doonan, Paul Lanoie et Benoit Laplante
- 2002s-23 A Rule-driven Approach for Defining the Behavior of Negotiating Software Agents / Morad Benyoucef, Hakim Alj, Kim Levy et Rudolf K. Keller
- 2002s-22 Occupational Gender Segregation and Women's Wages in Canada: An Historical Perspective / Nicole M. Fortin et Michael Huberman
- 2002s-21 Information Content of Volatility Forecasts at Medium-term Horizons / John W. Galbraith et Turgut Kisinbay
- 2002s-20 Earnings Dispersion, Risk Aversion and Education / Christian Belzil et Jörgen Hansen
- 2002s-19 Unobserved Ability and the Return to Schooling / Christian Belzil et Jörgen Hansen
- 2002s-18 Auditing Policies and Information Systems in Principal-Agent Analysis / Marie-Cécile Fagart et Bernard Sinclair-Desagné
- 2002s-17 The Choice of Instruments for Environmental Policy: Liability or Regulation? / Marcel Boyer, Donatella Porrini
- 2002s-16 Asymmetric Information and Product Differentiation / Marcel Boyer, Philippe Mahenc et Michel Moreaux
- 2002s-15 Entry Preventing Locations Under Incomplete Information / Marcel Boyer, Philippe Mahenc et Michel Moreaux
- 2002s-14 On the Relationship Between Financial Status and Investment in Technological Flexibility / Marcel Boyer, Armel Jacques et Michel Moreaux
- 2002s-13 Modeling the Choice Between Regulation and Liability in Terms of Social Welfare / Marcel Boyer et Donatella Porrini
- 2002s-12 Observation, Flexibilité et Structures Technologiques des Industries / Marcel Boyer, Armel Jacques et Michel Moreaux
- 2002s-11 Idiosyncratic Consumption Risk and the Cross-Section of Asset Returns / Kris Jacobs et Kevin Q. Wang
- 2002s-10 The Demand for the Arts / Louis Lévy-Garboua et Claude Montmarquette
- 2002s-09 Relative Wealth, Status Seeking, and Catching Up / Ngo Van Long, Koji Shimomura
- 2002s-08 The Rate of Risk Aversion May Be Lower Than You Think / Kris Jacobs
- 2002s-07 A Structural Analysis of the Correlated Random Coefficient Wage Regression Model / Christian Belzil et Jörgen Hansen