Université Lumière Lyon 2

Ecole doctorale : Sciences économiques et gestion

Groupe d'Analyse et de Théorie Economique (GATE - UMR 5824)

Modes de rémunération, sélection et préférences sociales : approches théorique et expérimentale

par Sabrina TEYSSIER

Thèse de doctorat de sciences économiques

Thèse diffusée au format PDF

sous la direction de Marie-Claire VILLEVAL

soutenue le 1er octobre 2008

Composition du jury :

Thomas DHOMEN, professeur à l'université de Maastricht

Marie-Claire VILLEVAL, directrice de recherche au CNRS

Marc WILLINGER, professeur à l'université Montpellier 1

Andrew CLARK, directeur de recherche au CNRS

Jean-Louis RULLIÈRE, professeur à l'université Lyon 2

Table des matières

Chapitre 2

Préférences sociales et choix d'un mode de rémunération de groupe

1 Introduction

Comme souligné précédemment, différents modes de rémunération indexés sur la performance des travailleurs sont utilisés dans les entreprises tels que des paiements avec incitations de groupe, de la taille totale de l'entreprise ou plus petits, ou avec incitations individuelles fixes ou variables (O'Dell et McAdams, 1987, Prendergast, 1999, Pfeffer, 2007). Une explication à cette diversité est associée à l'hétérogénéité entre entreprises concernant, par exemple, les coûts de contrôle de la performance, la présence de travail multi-tâches ou la complémentarité entre les niveaux d'effort des employés. Une seconde raison est liée à l'hétérogénéité des travailleurs comme les travaux empiriques présentés au chapitre un le soulignent. Cette auto-sélection des travailleurs dépend en partie de leur niveau d'aptitude. Néanmoins, l'hétérogénéité des travailleurs n'est pas seulement due à leur niveau d'aptitude mais concerne également leurs préférences individuelles telles que leurs préférences sociales (Bandiera, Barankay et Rasul, 2005, Carpenter et Seki, 2005, et Falk et Fehr, 2005).

Le choix des agents entre différentes organisations peut donc dépendre de leurs préférences sociales. Par exemple, les médecins, infirmiers, avocats, notaires, agents immobiliers ou expert-comptables décident de travailler à leur compte ou de travailler en équipe. Les commerciaux d'une entreprise ou, plus généralement, tous les employés dont le salaire inclut une partie variable font le choix de travailler pour une entreprise rémunérant ses salariés par un mode de rémunération indexé sur leur performance individuelle ou pour une entreprise qui propose d'indexer les salaires sur la performance collective. Ce chapitre apporte une analyse théorique de l'auto-sélection des agents entre différents modes de paiement incitatifs selon les préférences sociales des agents. L'objectif de ce chapitre est de définir les contrats incitatifs optimaux des agents selon leur degré d'aversion à l'inégalité et d'étudier si un équilibre séparateur existe lorsque les entreprises sont identiques *ex ante*. Nous analysons également si une telle ségrégation des travailleurs conduit à une efficience supérieure des entreprises et donc du marché.

Des travaux récents indiquent que les individus ont des préférences sociales et diffèrent par ces préférences. Dans la théorie standard, les individus sont supposés être égoïstes dans le sens où ils poursuivent leur propre paiement monétaire. Cependant, selon Fehr et Schmidt (1999), « cela peut être vrai pour quelques individus (peut-être beaucoup), mais ce n'est certainement pas vrai pour tout le monde » (p. 817).[1] La fonction d'utilité d'un agent averse à l'inégalité est décroissante avec la différence entre son propre paiement et le paiement reçu par les agents appartenant à son groupe de référence. Cela suggère que des individus

[1]Des études expérimentales montrent la claire existence de types d'agents dépendant de leurs préférences sociales (Fehr et Fischbacher, 2002, Burlando et Guala (2005), Gächter et Thöni (2005) et Fischbacher et Gächter (2006)) et soulignent la nécessité de considérer cette hétérogénéité pour inférer les incitations adaptées.

hétérogènes en degrés d'aversion à l'inégalité préfèrent des organisations différentes. Par conséquent, des gains de Pareto peuvent être obtenus si les agents sont libres du choix de leur mode de rémunération ou de leur organisation.

Lazear (1989) suggère que « il peut être important de sélectionner les travailleurs dans différents groupes en fonction de leur personnalité » (p. 562). Il n'est peut-être pas nécessaire toutefois de caractériser le type de personnalité des individus pour les allouer de manière efficiente. Un marché du travail flexible qui permet aux individus de sélectionner leur mode de paiement peut conduire à leur auto-sélection et ainsi à une identification *ex post* de leur type de personnalité. Notre modèle est construit de façon à comprendre comment une telle auto-sélection des travailleurs est possible quand ces derniers sont mobiles et ont le choix.

Dans notre modèle, nous supposons des entreprises identiques *ex ante* qui sont en concurrence au moyen du mode de rémunération offert aux agents. Les individus sont supposés être de deux types, soit égoïstes, soit averses à l'inégalité. Ils sont appariés en groupes composés de deux agents. La production jointe de chaque groupe est supposée observable par l'entreprise mais les productions individuelles sont seulement mesurables de manière imparfaite.[2] Le paiement variable attribué aux agents est une part positive de la production de groupe. L'allocation de ce montant entre agents à l'intérieur des groupes dépend de leur performance relative. Aussi, une compétition détermine le revenu de chaque agent. La structure de compétition est choisie par l'entreprise. Elle définit le montant de la différence entre les prix alloués au gagnant et au perdant de la compétition. Un cas particulier apparaît lorsque la structure de compétition garantit des prix égaux au gagnant et au perdant. Cette situation, que nous appelons le mode de partage du produit, présente des propriétés identiques à un

[2]Pour une analyse théorique des incitations de groupe avec aléa moral, voir Holmström (1982). Nalbantian et Schotter (1997) investissent expérimentalement l'effet de différents paiements incitatifs de groupe sur la performance des agents.

jeu de biens publics.

Notre premier résultat souligne que les individus égoïstes sont motivés par un environnement hautement compétitif. Une situation dans laquelle le gagnant de la compétition reçoit la totalité du prix est optimale pour ce type d'agents. Dans cet environnement, cependant, les agents averses à l'inégalité supportent une importante désutilité suite à l'inégalité *ex post* élevée entre les paiements nets finaux. Ils préfèrent en effet travailler sous un mode compétitif avec un différentiel de prix plus faible. Pour des degrés d'aversion à l'inégalité suffisamment élevés, leur contrat optimal est le mode de partage du produit. Dans le cas d'information complète concernant le type des agents, deux sortes d'entreprises coexistent sur le marché. Chacune offre à un type d'agents son contrat optimal. Il existe un équilibre unique et séparateur dans lequel les agents travaillent sous leur contrat optimal.

Quand le type des agents est d'information privée, les deux structures de rémunération proposées par les entreprises correspondent aux contrats optimaux de chaque type d'agents également. Les agents de chaque type étant motivés de manière différente, les incitations dans les organisations ne sont pas efficientes quand l'auto-sélection des agents n'est pas réalisée. A l'aide du concept d'induction vers l'avant (*forward induction*), nous montrons que les agents averses à l'inégalité travaillant sous le mode de partage du produit peuvent se comporter de façon coopérative à l'équilibre. Dans ce cas, l'équilibre séparateur tient si la coopération atteinte n'est pas trop élevée. Comparé à la situation dans laquelle les agents ne s'auto-sélectionnent pas, le revenu moyen s'accroît suite à la formation de groupes homogènes. Le coût de l'asymétrie d'information sur les types des agents est donc supporté par les agents averses à l'inégalité qui doivent diminuer leurs comportements coopératifs afin de vérifier la condition d'auto-sélection. Des situations mono-organisationnelles, i.e. des situations dans lesquelles toutes les organisations sont construites sous le même mode de paiement, ne sont pas stables. Par conséquent, en information incomplète, notre modèle propose un équilibre unique et séparateur. Les résultats soulignent que les mécanismes de paiement offerts par des entreprises identiques *ex ante* diffèrent à l'équilibre ; certaines entreprises s'appuient sur la compétitivité entre employés alors que d'autres favorisent la coopération.

Ce chapitre est organisé comme suit. La section 2 présente la littérature directement en lien avec le sujet. La section 3 décrit le modèle : les étapes du jeu et l'utilité espérée des agents sont expliquées après une description des types d'agents. L'équilibre parfait en sous-jeu et la structure de compétition optimale pour chaque type d'agents en information complète sont caractérisés dans la section 4. La section 5 apporte les résultats lorsque le type des agents est d'information privée et dérive les différences avec la situation en information complète. La section 6 conclut.

2 Littérature

Ce chapitre s'inscrit dans la littérature existante sur les effets d'incitation et de sélection des modes de rémunération lorsque les agents ont des préférences sociales.

Certains travaux théoriques supposant que les agents sont averses à l'inégalité, mais homogènes dans leurs degrés d'aversion à l'inégalité, montrent que ces degrés influencent la décision d'effort des agents. Considérant une structure de compétition avec prix exogènes (mode de tournoi), Grund et Sliwka (2005) et Demougin et Fluet (2003) montrent que l'aversion à l'inégalité désavantageuse, assimilée à de l'envie, a un effet positif sur le niveau d'effort des agents.[3] Les prédictions de notre modèle vont dans la direction opposée en montrant que le niveau d'effort d'équilibre est décroissant avec l'aversion à l'inégalité désavanta-

[3]Kräkel (2000) obtient les mêmes conclusions en appliquant le concept de « privation relative » (*relative deprivation*) introduite par Stark (1987).

geuse des agents dans un environnement compétitif. Ce résultat est lié au fait que les prix récompensés aux travailleurs sont endogènes à leur niveau d'effort. Alors que les prix sont fixes dans les deux autres analyses, en diminuant le niveau d'effort exercé, les agents réduisent aussi l'écart entre les prix récompensés au gagnant et au perdant de la compétition dans notre modèle. Pour évidence empirique supportant ce résultat, Bandiera, Barankay et Rasul (2005) soulignent que « les agents internalisent l'externalité négative que leur effort impose sur les autres en présence d'incitations relatives ». Ils montrent que la productivité des employés est plus faible lorsque leur paiement dépend d'incitations relatives caractérisées par des récompenses endogènes que quand un paiement à la pièce est en place. Ils suggèrent ensuite que certains employés se sentent concernés par le paiement des autres. Le modèle développé par Rey Biel (2008) avance que le contrat optimal pour une entreprise composée d'employés averses à l'inégalité peut être un contrat de travail en équipe qui implémente des paiements très inégaux entre les agents lorsqu'ils dévient de la situation coopérative. Le principal peut tirer avantage de l'aversion à l'inégalité des agents. Ces modèles, néanmoins, n'investissent pas la possibilité d'auto-sélection des agents.

Deux modèles théoriques supposent que les agents ont des préférences sociales et analysent l'auto-sélection des agents entre différentes entreprises. Cabrales et Calvó-Armengol (2008) font l'hypothèse que les agents sont hétérogènes en niveaux d'aptitude. Ils montrent que la prise en compte des préférences sociales, même faibles, des agents apporte une explication à la ségrégation des travailleurs dans différentes entreprises selon leur niveau d'aptitude. En effet, les agents préfèrent éviter les situations avec inégalités entre les paiements. Cependant, cette étude ne s'intéresse pas l'auto-sélection des agents fondée sur leurs préférences sociales comme ce chapitre le fait. Le modèle de Kosfeld et von Siemens (2007) traite de l'auto-sélection des agents par leurs préférences sociales. Le sujet est proche du nôtre bien que les deux analyses aient été écrites de façon indépendante en même temps. Les auteurs avancent que les entreprises diffèrent dans leur intensité de travail en équipe et de coopération suite à l'auto-sélection des agents, soit égoïstes ou conditionnellement réciproques, dans des entreprises offrant différents mécanismes incitatifs. Chaque entreprise décide d'indexer le paiement de ses employés sur leur production individuelle seulement ou également sur leur production collective. Les niveaux d'effort individuels sont parfaitement observables.

Bien que le principal résultat de leur modèle soit du même ordre que le nôtre, soulignant la coexistence sur le marché du travail de différents modes de rémunération même lorsque les entreprises sont identiques *ex ante*, les deux modèles sont construits différemment. La première différence concerne le type de préférences sociales considéré. Notre modèle apporte une étude de l'impact de l'aversion à l'inégalité des agents alors que Kosfeld et von Siemens (2007) se concentrent sur leur réciprocité conditionnelle. Notre modèle est différent du leur principalement dans le sens où nous considérons une situation d'aléa moral. Les productions individuelles sont seulement imparfaitement mesurables. Nous cherchons la distribution optimale des paiements dans un groupe d'agents sans supposer qu'il existe une situation coopérative *a priori* qui conduit un type particulier d'agents à réaliser une utilité supérieure. Un environnement coopératif émerge dans notre modèle car il s'agit du contrat optimal des agents respectant un seuil d'aversion à l'inégalité. Notre modèle considère une structure de paiement générale qui peut être plus ou moins compétitive. Les structures optimales sont calculées à partir des préférences des agents. Notre modèle permet de comprendre pourquoi deux modes de rémunération différents en termes de distribution des paiements coexistent sur le marché lorsque les entreprises sont identiques, mais aussi comment ces deux modes de rémunération émergent.

3 Modèle

3.1 Hétérogénéité des agents : égoïsme et aversion à l'inégalité

Nous distinguons les agents en fonction de leurs préférences sociales et, plus précisément, de leur degré d'aversion à l'inégalité. Nous utilisons le concept d'aversion à l'inégalité défini par Fehr et Schmidt (1999). Ils présentent une fonction d'utilité pour les agents averses à l'inégalité qui est affectée négativement par la différence entre les paiements des agents.[4] La question que nous adressons ici est de savoir si oui ou non la présence à la fois d'agents égoïstes et d'agents averses à l'inégalité affecte l'efficience des incitations fournies par les modes de rémunération indexés sur la performance des employés. Chaque agent est associé à un autre agent. Aussi, nous supposons que le groupe de référence de chaque agent est l'autre agent avec qui il est associé. L'utilité de chacun est affectée ni par les gains des agents appartenant à un autre groupe, ni par les gains du principal. Les agents sont supposés être neutres au risque et du même niveau d'aptitude.

Comme dans Fehr et Schmidt (1999), la fonction d'utilité est la suivante pour l'agent i :

$$U_i(x_i, x_j) = x_i - \alpha_i \max\{x_j - x_i, 0\} - \beta_i \max\{x_i - x_j, 0\} \qquad i \neq j \qquad (2.1)$$

avec x_i et x_j qui représentent les gains monétaire des agents i et j. Les individus

[4]Bolton et Ockenfels (2000) proposent également un modèle fondé sur les conséquences distributives des modes de paiement. Néanmoins, ils développent une fonction d'utilité alternative fondée sur la comparaison par chaque agent entre son propre gain monétaire et le gain moyen du groupe de référence. Une autre littérature qui étudie les préférences sociales des agents se concentre sur les intentions de justice plutôt que sur les distributions finales. Dufwenberg et Kirchsteiger (2004) analysent les intentions pour des jeux séquentiels en continuation des travaux de Rabin (1993) pour des jeux sous forme normale. La contribution de Falk et Fischbacher (2006) se trouve dans la considération à la fois des intentions et des distributions de revenus comme source de la réciprocité. L'efficience (Charness et Rabin, 2002) et les préférences maximin caractérisent aussi les préférences des agents. Sobel (2005) propose une revue de la littérature.

averses à l'inégalité sont supposés être averses à la fois à l'inégalité avantageuse (représentée par le paramètre β_i) et désavantageuse (représentée par le paramètre α_i). De plus, gagner moins que l'autre agent du groupe a un impact négatif plus important sur l'utilité que gagner plus ; ce qui peut être écrit : $\alpha_i \geq \beta_i$[5] avec $0 \leq \beta_i < 1$. $\beta_i < 1$ capture l'idée que l'utilité de l'agent i est toujours augmentée quand son gain s'accroît : il n'est pas prêt à abandonner plus (ou le même montant) que son gain monétaire pour réduire l'inégalité, sinon, étant rationnel, son utilité est diminuée.

Nous considérons une population infinie et deux types d'agents dénotés par θ, $\theta \in \{\theta_S, \theta_A\}$. Une proportion d'agents, ρ, $0 \leq \rho \leq 1$, sont averses à l'inégalité, avec $\alpha \neq 0$ et $\alpha \geq \beta$, $0 \leq \beta < 1$; ce sont des agents de type θ_A. $(1 - \rho)$ agents sont de type θ_S. Ceux-ci sont supposés totalement égoïstes, i.e. $\alpha = \beta = 0$. Pour simplification, nous supposons tous les agents averses à l'inégalité avoir les mêmes degrés d'aversion à l'inégalité.

3.2 Présentation du jeu

Un nombre infini d'entreprises peut entrer sur un marché sans coût. Elles sont identiques dans leurs fonctions de production et de coût. La concurrence entre entreprises se manifeste à travers le contrat de rémunération proposé aux agents. Nous supposons que chaque agent travaillant pour une entreprise est associé à un autre agent et les deux agents forment un groupe. La production totale des groupes est parfaitement observable par le principal mais il n'est pas capable d'identifier la production individuelle avec certitude. L'utilisation de modes de rémunération indexés sur la performance des agents par le principal peut l'aider à faire face à l'aléa moral individuel du fait de l'élaboration d'incitations appropriées. Le jeu est composé de trois étapes. Tout d'abord, les entreprises décident

[5] Si la renonciation à une fraction de paiement monétaire est plus faible que le paiement induit par la réduction d'inégalité, le choix du joueur est rationnel. Ceci est possible même pour $\alpha_i > 1$. Aussi, α_i n'a pas de borne supérieure.

simultanément d'entrer sur un marché avec libre entrée en offrant un mode de rémunération particulier aux agents fondé sur la production totale du groupe. A la deuxième étape, sous la supposition d'un marché parfaitement flexible, les agents choisissent simultanément de travailler pour une entreprise particulière selon le contrat proposé ou de prendre une option de sortie. Troisièmement, les agents qui ont choisi de travailler pour une entreprise sont appariés avec un autre agent ayant fait le même choix et ensuite, ils décident simultanément de leur niveau d'effort.

La production totale du groupe dépend exclusivement du niveau d'effort des agents. L'agent i délivre la production e_i, $e_i \in [0,1]$, qui représente son niveau d'effort. Les agents qui optent pour un niveau d'effort positif sont soumis à une fonction de coût quadratique, $c(e_i)$, telle que $c(e_i) = e_i^2$. Nous supposons les agents identiques en termes d'aptitude donc, la technologie de production et la fonction de coût d'effort sont les mêmes pour tous les agents.[6] Le résultat produit par l'agent i est toujours plus élevé que le coût nécessaire pour atteindre ce résultat : $e_i \geq e_i^2$. Le paiement net de l'agent i, x_i, est la différence entre le paiement brut qu'il reçoit dépendant des niveaux d'effort exercés par les deux agents du groupe, $p_i(e_i, e_j)$, et le coût associé à son propre niveau d'effort, $x_i = p_i(e_i, e_j) - e_i^2$. Nous supposons que les agents sont sensibles à l'inégalité générée par les paiement nets finaux plutôt que les paiements espérés, ce qui semble plus proche de l'idée du modèle de Fehr et Schmidt (1999).[7] De plus, en

[6]Cette supposition est faite car le but du chapitre se concentre sur l'auto-sélection des agents selon leurs préférences sociales et non selon leur niveau d'aptitude.

[7]Par exemple, lorsqu'ils appliquent leur modèle pour expliquer les résultats expérimentaux des jeux de biens publics, Fehr et Schmidt (1999) comparent les paiements nets des agents. Dan un contexte de jeu de biens publics, les paiements considérés sont le revenu du bien public moins la contribution individuelle au bien public. Les résultats expérimentaux observés dans les jeux de biens publics supportent la comparaison entre les paiements nets. Il apparaît donc dans la continuation du modèle de Fehr et Schmidt (1999) de comparer les paiements nets des agents (voir aussi Akerlof et Yellen, 1990, pour certaines évidences sur l'hypothèse de « salaire-effort juste » (*fair wage-effort hypothesis*)). Néanmoins, nous avons considéré la possibilité pour les agents de comparer leurs paiements bruts. Cette hypothèse est plus simple à implémenter et conduit à des résultats moins intéressants. Il apparaît aussi que, à l'équilibre, la ségrégation des

entreprise, comme les travailleurs observent le niveau d'effort d'autres travailleurs suffisamment proches et font le lien entre leur paiement et leur contribution, il semble plus réaliste que les agents comparent leurs paiements finaux une fois le coût d'effort déduit.

Un mode de rémunération fondé sur la performance relative plutôt que sur la performance absolue des agents est plus approprié lorsque le niveau d'effort individuel n'est pas observable avec certitude. Nous supposons que les entreprises décident de la part k, $k \in [0, 1]$, de la production du groupe à être rétribuée aux agents et elles utilisent une structure de compétition pour apporter les incitations. Pour éviter les problèmes de collusion, les prix récompensés dans la compétition ne sont pas fixes mais sont endogènes à la production totale du groupe. Un contrat correspond à une structure particulière de compétition. La spécificité de chaque contrat est fondée sur la distribution de la production de groupe entre les agents du groupe. Le prix du gagnant de la compétition est une proportion τ, $\tau \in \left[\frac{1}{2}, 1\right]$, de la part de la production donnée aux agents, $k\,(e_i + e_j)$. Ce prix s'écrit $W(e_i, e_j) = \tau k(e_i + e_j)$. Le perdant reçoit $L(e_i, e_j) = (1 - \tau)\,k(e_i + e_j)$. Le niveau de compétitivité augmente avec τ qui accroît l'écart entre la proportion de la production du groupe attribuée aux deux compétiteurs.[8]

Une structure avec $\tau = 1$ est hautement compétitive en récompensant la totalité de la part de la production donnée aux agents, $k(e_i + e_j)$, au gagnant et rien au perdant. Un mode de paiement avec $\tau = \frac{1}{2}$ divise de manière égalitaire la production de groupe entre les membres du groupe ; le gagnant et le perdant

agents est observée entre les entreprises utilisant différents modes de rémunération.

[8]Ces structures de compétition avec prix endogènes coïncident avec les incitations dans des compétitions avec prix fixes. En effet, une augmentation de l'effort conduit à une probabilité de gagner la compétition plus élevée et donc à une récompense plus élevée avec un coût plus élevé résultant de l'effort exercé. Cependant, une aversion à l'inégalité avantageuse plus importante peut conduire à un niveau d'effort plus élevé quand les prix sont fixés de façon exogène car cela augmente la probabilité de gagner la compétition. L'intuition est différente lorsque les prix récompensés dépendent des niveaux d'effort des agents puisque augmenter le niveau d'effort augmente également l'inégalité absolue entre les prix récompensés.

gagnent exactement le même prix. Cette structure de paiement est équivalente à un jeu de biens publics dans le sens où la production totale du groupe est partagée de manière égalitaire entre les agents indépendamment de l'investissement de chacun. Nous utiliserons la dénomination mode de partage du produit pour appeler la structure avec $\tau = \frac{1}{2}$ tout au long de ce chapitre. Quand les entreprises choisissent la structure de paiement à proposer, elles déterminent quel niveau de compétitivité implémenter. Les entreprises établissent donc quelle part de la production de groupe, k, rétribuer aux agents, et quel contrat proposer, i.e. quelle structure compétitive à travers la valeur de τ. Les agents déterminent quelle option ils préfèrent entre le(s) contrat(s) qui leur est(sont) offert(s) et l'option de sortie ainsi que leur niveau d'effort d'équilibre, e_i^*, pour chaque contrat offert.

Sachant que le niveau de production individuel n'est pas parfaitement observable, le gagnant n'est pas nécessairement l'agent avec le plus haut niveau d'effort. Selon le modèle de Tullock (1980), la probabilité de recevoir le prix du gagnant pour chaque agent dépend du ratio entre sa propre production et la production totale du groupe :

$$\Pr\left(p_i(e_i, e_j) = W(e_i, e_j)\right) = \Pr\left(p_i = W\right) = \frac{e_i}{e_i + e_j} \tag{2.2}$$

La probabilité de gagner le prix $W(e_i, e_j)$ est croissante avec le niveau d'effort de l'agent.

La fonction d'utilité von Neuman-Morgenstern de l'agent i, lorsqu'il est apparié avec l'agent j, est donnée par :

$$EU_i(e_i, e_j) = \Pr\left(p_i = W\right) U_i(W) + \left(1 - \Pr\left(p_i = W\right)\right) U_i(L) \qquad i \neq j \tag{2.3}$$

Si l'agent i est le gagnant de la compétition, son utilité est définie comme suit :

$$U_i(W) = \begin{cases} \tau k\left(e_i + e_j\right) - e_i^2 \quad \text{si } \theta = \theta_S \\ \tau k\left(e_i + e_j\right) - e_i^2 - \alpha \max\left\{\left(e_i + e_j\right)\left[-k\left(2\tau - 1\right) + \left(e_i - e_j\right)\right], 0\right\} \\ \qquad -\beta \max\left\{\left(e_i + e_j\right)\left[k\left(2\tau - 1\right) - \left(e_i - e_j\right)\right], 0\right\} \quad \text{si } \theta = \theta_A \end{cases}$$

Lorsque l'agent i ne prend pas en considération le paiement de l'autre membre du groupe, son utilité quand il gagne la compétition augmente avec le prix du gagnant et décroît avec le coût d'effort. Les agents averses à l'inégalité supportent un coût croissant avec la différence entre les paiements nets des deux membres du groupe. L'utilité du gagnant diminue suite à son aversion à l'inégalité avantageuse car il ressent un sentiment négatif en recevant un paiement plus élevé que le paiement de l'autre travailleur du groupe. Néanmoins, son aversion à l'inégalité désavantageuse peut décroître son utilité quand le niveau d'effort qu'il réalise est largement supérieur au niveau d'effort de l'agent j. Cela signifie que l'agent i dépense trop d'effort pour augmenter sa probabilité de gagner la compétition et donc, il reçoit un paiement inférieur à celui de l'autre participant du groupe bien qu'il ait gagné la compétition.
Si l'agent i perd la compétition, sa fonction d'utilité est la suivante :

$$U_i(L) = \begin{cases} \left(1 - \tau\right) k\left(e_i + e_j\right) - e_i^2 \quad \text{si } \theta = \theta_S \\ \left(1 - \tau\right) k\left(e_i + e_j\right) - e_i^2 - \alpha \max\left\{\left(e_i + e_j\right)\left[k\left(2\tau - 1\right) + \left(e_i - e_j\right)\right], 0\right\} \\ \qquad -\beta \max\left\{\left(e_i + e_j\right)\left[-k\left(2\tau - 1\right) - \left(e_i - e_j\right)\right], 0\right\} \quad \text{si } \theta = \theta_A \end{cases}$$

Lorsqu'il perd, un agent averse à l'inégalité voit son utilité décroître suite à son aversion à l'inégalité désavantageuse. L'inégalité *ex post* entre les paiements nets des compétiteurs, croissante avec τ, est coûteuse pour les agents averses à l'inégalité quel que soit leur rang dans le groupe.

4 Equilibre et structure de compétition optimale en information complète

Un agent égoïste et un agent averse à l'inégalité réagissent différemment aux inégalités entre les paiements nets finaux des membres du groupe. Le premier décide de son niveau d'effort d'équilibre sans accorder d'attention à la situation de l'autre agent à la fin de la compétition ; le second considère les conséquences de son comportement sur l'inégalité *ex post* entre les paiements nets des agents. L'objectif de cette section est de déterminer l'équilibre du jeu décrit précédemment après avoir défini la structure de compétition optimale pour chaque type d'agents lorsque le type de chacun est de connaissance commune. Chaque entreprise est en compétition avec les autres entreprises du marché pour attirer les agents. La concurrence entre entreprises se fait à travers les contrats de rémunération indexés sur la performance de groupe proposés sur le marché. Nous résolvons tout d'abord la troisième étape du jeu en cherchant le niveau d'effort d'équilibre en stratégies pures, qui dépend du contrat considéré. Ensuite, nous dérivons le contrat optimal pour chaque type d'agents. Enfin, nous définissons quel contrat doit être offert de façon optimale à chaque type d'agent et donc, nous déterminons l'équilibre en sous-jeu parfait de l'ensemble du jeu.

4.1 Comportement d'équilibre des agents

Un agent égoïste maximise son utilité espérée sans considérer le paiement de l'autre membre du groupe. La condition du premier ordre donne :

$$e_S^* = \frac{\tau k}{2} \qquad \forall \tau \in \left[\frac{1}{2}, 1\right] \tag{2.4}$$

La stratégie dominante est de fournir un niveau d'effort qui augmente avec la proportion de la production de groupe récompensée au gagnant de la compétition quel que soit le type de l'autre agent dans le groupe.

La fonction d'utilité espérée d'un agent averse à l'inégalité prend différentes expressions selon l'étendue de la différence entre les paiements nets des membres du groupe. Le niveau d'effort d'équilibre d'un agent averse à l'inégalité dépend du niveau d'effort de l'autre travailleur du groupe et de la valeur de τ considérée. L'expression du niveau d'effort d'équilibre dépend du fait que $\tau = \frac{1}{2}$ ou $\tau \in \left(\frac{1}{2}, 1\right]$. En effet, lorsque $\tau = \frac{1}{2}$, la structure de compétition conduit à un mode de partage du produit qui présente les propriétés d'un jeu de biens publics.

Démonstration. Se reporter à l'annexe A. □

– Si $\tau \in \left(\frac{1}{2}, 1\right]$, la fonction de réaction de l'agent i averse à l'inégalité est donnée par :

$$e_A^* \left(e_j\right) = \frac{\tau k \left(1 - 2\beta\right) + k\beta - e_j \left(\alpha + \beta\right)}{2 \left(1 - \beta\right)} \tag{2.5}$$

Le niveau d'effort d'équilibre d'un agent averse à l'inégalité diminue avec le niveau d'effort de l'autre agent. Puisque la différence entre les prix absolus récompensés s'accroît avec les niveaux d'effort des agents, indépendamment de τ, un agent averse à l'inégalité limite cette différence en diminuant son niveau d'effort quand celui de l'autre agent augmente. Le niveau d'effort d'équilibre d'un agent averse à l'inégalité s'écrit comme suit :
Lorsque l'autre agent est de type $\theta = \theta_S$,

$$e_A^* = \begin{cases} \frac{k(\tau(2-\alpha-5\beta)+2\beta)}{4(1-\beta)} & \text{si } \alpha\tau + \beta \left(5\tau - 2\right) < 2\tau \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \tag{2.6}$$

Lorsque l'autre agent est de type $\theta = \theta_A$,

$$e_A^* = \frac{k \left(\tau \left(1 - 2\beta\right) + \beta\right)}{2 + \alpha - \beta} \tag{2.7}$$

Le niveau d'effort d'équilibre d'un agent averse à l'inégalité est plus faible quand la compétition se fait contre un agent égoïste plutôt que contre un agent également averse à l'inégalité. En effet, un agent égoïste a une stratégie dominante qui peut être définie comme une stratégie à haut niveau d'effort. La fonction de réaction d'un agent averse à l'inégalité souligne que son niveau d'effort décroît avec le niveau d'effort de l'autre agent. Ainsi, un agent averse à l'inégalité choisit un faible niveau d'effort pour tenter de limiter la différence absolue, déjà importante, entre les prix récompensés. Un agent avec α et β élevés préfère même réaliser un niveau d'effort nul quand il est face à un agent égoïste. Le niveau d'effort d'équilibre d'un agent averse à l'inégalité avec α et β élevés est également décroissant avec la proportion de la production de groupe récompensée au gagnant.

– Si $\tau = \frac{1}{2}$, le niveau d'effort d'équilibre d'un agent averse à l'inégalité est le suivant :

Lorsque l'autre agent est de type $\theta = \theta_S$,

$$e_A^* = \frac{k}{4} \tag{2.8}$$

Lorsque l'autre agent est de type $\theta = \theta_A$,

$$e_A^* \in [\underline{e}_A, \bar{e}_A] \text{ avec } \underline{e}_A = \frac{k}{4(1+\alpha)} \text{ et } \bar{e}_A = \begin{cases} \frac{k}{4(1-\beta)} & \text{si } \beta \in \left[0, \frac{1}{2}\right) \\ \frac{k}{2} & \text{si } \beta \in \left[\frac{1}{2}, 1\right) \end{cases} \tag{2.9}$$

Un agent averse à l'inégalité établit son niveau d'effort en fonction du comportement d'équilibre de l'autre travailleur du groupe, qui dépend de son type. La stratégie dominante d'un agent égoïste dans le jeu de partage du produit est d'avoir un comportement de passager clandestin en exerçant un niveau d'effort plus faible que l'optimum de Pareto, $e^{OP} = \frac{k}{2}$. Pour la suite de l'article, nous définissons l'action de passager clandestin comme étant le choix d'un niveau d'effort égal à $\frac{k}{4}$. Ce comportement de passager clandestin est également choisi par un agent averse à l'inégalité quand il est apparié avec un agent égoïste. Néanmoins, lorsqu'il est de connaissance commune que tous les agents rémunérés sous ce mode de paiement prennent en compte la situation de l'autre dans leur fonction d'utilité, le comportement de passager clandestin par tous les membres du groupe n'est plus l'unique équilibre. Il existe de multiples équilibres symétriques. Les équilibres symétriques appartiennent à un intervalle qui devient plus large lorsque les degrés d'aversion à l'inégalité sont accrus : la borne inférieure de l'ensemble des équilibres, $\underline{\mathrm{e}}_A$, est décroissante avec α et la borne supérieure, $\bar{\mathrm{e}}_A$, est croissante avec β. Par conséquent, lorsque la structure de paiement est un partage du produit, l'optimum de Pareto, $e^{OP} = \frac{k}{2}$, devient un équilibre s'il est de connaissance commune que tous les agents ont un degré d'aversion à l'inégalité avantageuse suffisamment élevé, $\beta \geq \frac{1}{2}$. Une situation coopérative est soutenable à l'équilibre dans le mode de partage du produit seulement si tous les agents sous ce mode de rémunération ont un degré d'aversion à l'inégalité avantageuse suffisamment élevé. L'égalité entre les prix récompensés apporte des incitations qui sont plus adaptées aux agents averses à l'inégalité. En étant capables d'atteindre un équilibre égal ou, au moins, plus proche de l'optimum de Pareto, ces agents gagnent à être rémunérés par le mode de partage du produit.

Les agents égoïstes répondent de façon très positive aux incitations apportées par une compétition mais ne sont pas motivés par une structure de paiement en partage du produit. Leur niveau d'effort est croissant avec la proportion de la production de groupe attribuée au gagnant de la compétition. Les agents averses à l'inégalité présentent le comportement opposé. D'une part, ils réalisent un faible niveau d'effort quand la proportion de la production de groupe attribuée au gagnant est strictement supérieure à un demi. Leur niveau d'effort est donc strictement plus faible que le niveau d'effort choisi par les agents égoïstes. Ce comportement reflète leur souhait de limiter les inégalités. D'autre part, sous un mode de partage du produit, dans lequel tous les agents du groupe reçoivent le même prix quelle que soit leur contribution, les agents averses à l'inégalité peuvent réaliser un niveau d'effort plus élevé que l'équilibre de passager clandestin s'il est de connaissance commune que les deux agents du groupe sont averses à l'inégalité. Pour une aversion à l'inégalité suffisamment avantageuse, l'optimum de Pareto du jeu de partage du produit devient un équilibre.

4.2 Structure de compétition optimale

Les agents égoïstes et averses à l'inégalité réagissent différemment aux incitations apportées par des modes de paiement qui diffèrent par leur degré de compétitivité. L'effet incitatif d'un mécanisme très compétitif sur le niveau d'effort des agents averses à l'inégalité est mauvais alors qu'il se montre très efficace concernant la motivation des agents égoïstes. Par conséquent, les agents avec différentes considérations sociales devraient être associés à différentes structures de compétition optimales. Nous déterminons par ailleurs la composition optimale des groupes selon le type des agents. La concurrence entre entreprises pour attirer les agents dans leur organisation implique que celles-ci offrent le contrat optimal d'un type d'agents dans le but d'être choisies par les agents de ce type. En effet, dans un cas où les contrats optimaux ne sont pas offerts sur le marché, une entreprise aura toujours intérêt à entrer sur le marché et proposer le contrat optimal d'un type d'agents particulier. A l'équilibre, la structure de compétition optimale pour un type d'agents existe nécessairement sur le marché.

En information complète, chaque agent connaît le type de l'agent avec qui il est apparié en fonction de quoi il adapte son comportement. Le contrat optimal d'un agent est défini comme le contrat qui lui donne l'utilité espérée la plus élevée en comparaison à toutes les autres situations. Le contrat optimal caractérise la distribution optimale de la production de groupe entre les agents du groupe.

Cette distribution optimale est donnée par la valeur de τ^* qui déterminera les prix du gagnant et du perdant de la compétition une fois les niveaux d'effort des agents exercés. Nous comparons les utilités espérées pour les niveaux d'effort d'équilibre sous chaque structure de compétition pour chaque composition du groupe. La proposition 1 décrit les résultats.

Proposition 1. *La structure de contrat optimale est donnée par*

$$\tau_\theta^* = \begin{cases} 1 & si\ \theta = \theta_S \\ T & si\ \theta = \theta_A\ avec\ \alpha < \alpha^*(\beta) \\ \frac{1}{2} & si\ \theta = \theta_A\ avec\ \alpha \geq \alpha^*(\beta) \end{cases}$$

avec $T = \frac{-2+5\beta+3\beta^2-4\beta^3+\alpha^2(4\beta-1)+\alpha(10\beta-3)}{2(2\beta-1)(1+4\alpha+2\alpha^2+2\beta-2\beta^2)}$, $\frac{1}{2} < T < 1$,
et $\alpha^*(\beta)$, *la solution de* $EU_A(e_A^*, e_A^*)_{\tau=T} - EU_A(e_A^*, e_A^*)_{\tau=\frac{1}{2}} = 0$.

Démonstration. Se reporter à l'annexe B. □

La structure de compétition optimale selon le type des agents est représentée par la figure 2.1.

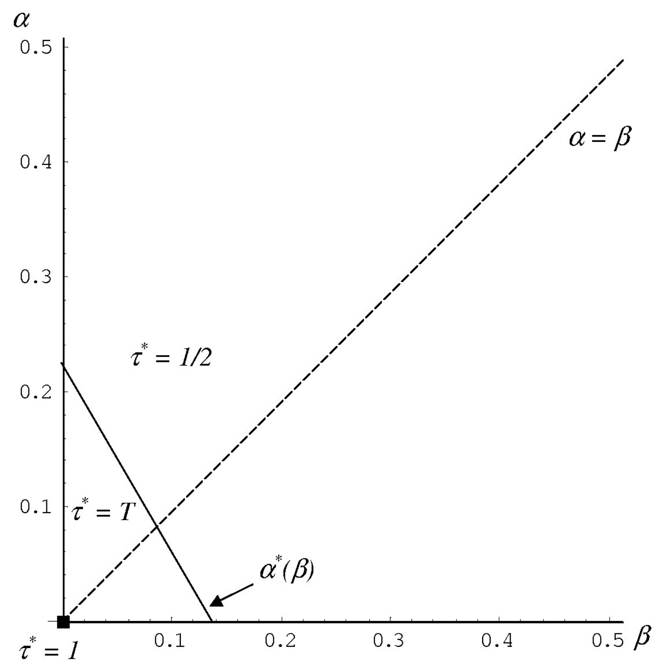

Figure 2.1 – Structure de compétition optimale en fonction de α et β

La proposition 1 montre que la structure de compétition optimale est différente selon le degré d'aversion à l'inégalité des agents. Le graphique distingue clairement les trois structures optimales mises en évidence dans la proposition 1. Tous les agents égoïstes maximisent leur utilité espérée sous la structure la plus compétitive, $\tau_S^* = 1$, alors que tous les agents averses à l'inégalité avec $\alpha \geq \alpha^*(\beta)$ la maximisent pour le mode de partage du produit, $\tau_A^* = \frac{1}{2}$. Les agents avec des degrés d'aversion à l'inégalité intermédiaires, $\alpha < \alpha^*(\beta)$, préfèrent la compétition mais avec une distribution de la production de groupe moins inégalitaire entre les compétiteurs, $\tau_A^* = T$ avec $\frac{1}{2} < T < 1$.

Corollaire. *Si les agents du même groupe présentent les mêmes préférences alors, la composition du groupe est optimale.*

Tous les agents préfèrent être appariés avec une personne similaire ; des groupes homogènes sont optimaux. Sous sa structure de compétition optimale,

$\tau_S^* = 1$, un agent égoïste préfère être apparié avec un autre agent égoïste. Parce que les prix des compétiteurs sont endogènes à la production de groupe, le prix du gagnant augmente avec les niveaux d'effort des deux agents, ce qui accroît l'utilité espérée d'un agent égoïste. Un agent averse à l'inégalité reçoit une utilité espérée supérieure lorsqu'il est apparié avec une personne ayant les mêmes préférences sous sa structure de paiement optimale, $\tau_A^* = T$ ou $\tau_A^* = \frac{1}{2}$, plutôt que lorsqu'il est groupé avec un agent égoïste sous $\tau_S^* = 1$. En récompensant le même prix au gagnant ainsi qu'au perdant, $\tau_A^* = \frac{1}{2}$, le mode de partage du produit peut conduire à une coopération entre les agents averses à l'inégalité si tous les agents travaillent sous leur contrat optimal.

4.3 Equilibre en sous-jeu parfait

A la première étape, les entreprises décident quel contrat proposer, $\{k^*, \tau^*\}$. La fonction de profit de l'entreprise h pour chaque groupe de travailleurs s'écrit :

$$\Pi_h = (e_i + e_j)(1 - k) \tag{2.10}$$

Le profit est égal à la production du groupe moins la part de la production de groupe rétribuée aux travailleurs pour apporter les incitations. Suite à la concurrence entre entreprises, leurs profits sont nuls à l'équilibre pour toutes les entreprises. Les profits des entreprises sont nuls si elles choisissent de donner aux employés la totalité de la production réalisée, $k^* = 1$. De plus, comme nous avons montré que chaque agent, quel que soit son type, préfère être apparié avec un agent ayant les mêmes préférences sociales, les contrats candidats pour l'équilibre en sous-jeu parfait sont les structures de compétition optimales pour chaque type d'agent. A la deuxième étape du jeu, C_S dénote l'action de choisir le contrat optimal pour les agents égoïstes et C_A, l'action de choisir le contrat optimal pour les agents averses à l'inégalité. Les agents de type θ, $\theta = \{\theta_S, \theta_A\}$, choisissent la structure de paiement qu'ils préfèrent, C_S, C_A ou une option de sortie, X. A la troisième étape du jeu, le niveau d'effort d'équilibre d'un agent égoïste, e_S^*, est unique quelle que soit la structure de paiement alors qu'il existe de multiples niveaux d'effort d'équilibre pour un agent averse à l'inégalité, $e_A^* \in [\underline{e}_A, \overline{e}_A]$, pour $\tau^* = \frac{1}{2}$.

L'option de sortie consiste à rester hors des structures organisationnelles présentes sur le marché. Cette option donne aux agents l'utilité U_0, $U_0 \geq 0$, qui est supposée identique pour tous les agents. Comme les agents qui prennent l'option de sortie ne sont pas directement connectés aux autres individus, ils ne comparent pas leur paiement à celui des autres.[9] U_0 est donc indépendante des paiements des autres agents même pour les agents averses à l'inégalité. La contrainte de participation, $EU_\theta \left(e_\theta^*, e_\theta^*\right)_{\tau=\tau_\theta^*} \geq U_0$ avec $\theta = \{\theta_S, \theta_A\}$, doit être vérifiée pour chaque type d'agents afin d'observer les agents travailler pour une entreprise à l'équilibre. La contrainte de participation à l'équilibre pour les agents égoïstes est donnée par :

$$U_0 \leq \frac{1}{4} \quad \text{si } \theta = \theta_S \tag{2.11}$$

De façon à ce que les agents égoïstes souhaitent toujours travailler sous leur contrat optimal, nous définissons $U_0 \in \left[0, \frac{1}{4}\right]$.

Nous avons montré que la structure de compétition optimale adressée aux agents averses à l'inégalité dépend de l'intensité de leur aversion à l'inégalité. Par conséquent, la contrainte de participation des agents averses à l'inégalité est différente

[9] Nous aurions pu supposer que les agents averses à l'inégalité qui ont choisi l'option de sortie comparent leur paiement à la moyenne des paiements des agents qui ont choisi une structure de paiement (Bolton et Ockenfels, 2000). Néanmoins, nous pensons que les agents comparent leur paiement seulement avec le paiement des agents suffisamment proches. Etant hors des organisations, les agents qui ont choisi l'option de sortie ne reçoivent aucune information assez précise leur permettant de comparer leur paiement.

selon cette intensité.

$$U_0 \leq \begin{cases} \frac{(1+\alpha-\beta)^2}{4(1-2\beta)(1+4\alpha+2\alpha^2+2\beta-2\beta^2)} & \text{si } \theta = \theta_A \text{ avec } \alpha < \alpha^*(\beta) \\ \frac{(3-4\beta)}{16(1-\beta)^2} & \text{si } \theta = \theta_A \text{ avec } \beta \in \left[0, \frac{1}{2}\right) \text{ et } \alpha \geq \alpha^*(\beta) \\ \frac{1}{4} & \text{si } \theta = \theta_A \text{ avec } \beta \in \left[\frac{1}{2}, 1\right) \text{ et } \alpha \geq \alpha^*(\beta) \end{cases} \tag{2.12}$$

Quand U_0 est suffisamment élevée, les agents averses à l'inégalité dont le contrat optimal est $\tau_A^* = T$ acceptent de travailler sous ce contrat et rejettent l'option de sortie seulement si α et β ne sont pas trop élevés, tels que :

$$\alpha \leq \alpha_0(\beta) \tag{2.13}$$

avec $\alpha_0(\beta) = \frac{-1+\beta+8U_0(1-2\beta)+2\sqrt{(1-2\beta)^2 U_0(1-8U_0(1-2\beta+2\beta^2))}}{1-8U_0(1-2\beta)}$.

Les agents averses à l'inégalité dont le contrat optimal est un mode de partage du produit, $\tau_A^* = \frac{1}{2}$, choisissent de travailler sous ce contrat seulement si leur aversion à l'inégalité avantageuse, β, est suffisamment élevée. Le niveau d'effort d'équilibre doit être suffisamment proche de l'optimum de Pareto pour garantir une utilité espérée supérieure à l'utilité apportée par l'option de sortie. Comme il existe de multiples équilibres symétriques, nous ne pouvons pas supposer que les agents coordonnent leurs espérances sur un équilibre particulier. L'option de sortie peut induire une restriction de l'ensemble des équilibres à travers le processus d' « induction vers l'avant » (*forward induction*).[10] Ce concept spécifie

[10]Les principaux travaux théoriques sur le concept d'induction vers l'avant incluent Kohlberg et Mertens (1986), van Damme (1989) et Battigalli et Siniscalchi (2002). Asheim et Dufwenberg (2003) s'intéressent à une intuition très similaire à la nôtre bien qu'ils ne fondent pas les caractéristiques des travailleurs sur le modèle de Fehr et Schmidt (1999). Ils montrent que le processus d'induction vers l'avant rend la sélection de l'équilibre Pareto-dominant possible dans un jeu de coordination avec stratégies discrètes (ils utilisent un autre jeu d'incitations de groupe, un contrat avec objectifs de résultats). Selon la définition avancée par Cooper, Dejong, Forsythe et Ross (1992), un jeu de coordination consiste en l'existence d'équilibres de Nash en stratégies pures, multiples et classables au sens de Pareto. Ainsi, le mode de partage du produit avec des agents ayant une aversion à l'inégalité avantageuse suffisamment élevée est inclue dans cette catégorie de jeux.

qu'un agent choisissant de travailler sous son contrat optimal envoie un signal aux autres agents sur le fait qu'il entre dans le jeu avec l'objectif de gagner plus que U_0, i.e. il veut atteindre un équilibre, e^*_A, appartenant à l'ensemble des équilibres possibles défini dans la sous-section 4.1. tel que $EU_A(e^*_A, e^*_A) \geq U_0$ $\Longleftrightarrow e^*_A - e^{*2}_A \geq U_0$.

Comme la borne supérieure de l'ensemble des équilibres, $\bar{e}_A$, dépend de β, les agents averses à l'inégalité acceptent de travailler sous le mode de partage du produit seulement si leur aversion à l'inégalité avantageuse est telle que :

$$\beta \geq \beta_0 \tag{2.14}$$

avec $\beta_0 = 1 - \frac{1+\sqrt{1-4U_0}}{8U_0}$, β_0 est défini pour $U_0 \neq 0$.
La borne inférieure de l'ensemble des équilibres est donc telle que $e^*_A - e^{*2}_A = U_0$ et dépend ainsi de β_0. Elle se réécrit :

$$\underline{e}_A = \frac{k}{4\,(1-\beta_0)} \tag{2.15}$$

Si β_0 est strictement positif, i.e. pour $U_0 > \frac{3}{16}$, le niveau d'effort d'équilibre est nécessairement plus élevé que le niveau d'effort d'équilibre du passager clandestin.[11] Une coopération entre les agents du même groupe est donc observée sous ce contrat.

Nous avons montré que les agents de chaque type préfèrent travailler dans un groupe composé d'individus avec les mêmes préférences et que la structure de

[11] Par exemple, pour $U_0 = 0$, les agents averses à l'inégalité avec le contrat optimal $\tau^*_A = \frac{1}{2}$ choisissent toujours le mode de partage du produit quelle que soit leur valeur de β. Si $U_0 = \frac{1}{5}$, les agents averses à l'inégalité décideront de travailler sous le mode de partage du produit seulement si leur aversion à l'inégalité avantageuse est supérieure à 0.096. Si $U_0 = \frac{1}{4}$, le seuil minimum de β pour que les agents averses à l'inégalité travaillent sous leur structure de paiement optimale est $\frac{1}{2}$. Pour $U_0 > \frac{3}{16}$, nous avons $\beta_0 > 0$ et donc, le niveau d'effort d'équilibre est strictement supérieur à l'équilibre de passager clandestin.

compétition optimale est différente selon les degrés d'aversion à l'inégalité des agents. Les agents de chaque type ont une utilité espérée plus élevée lorsqu'ils travaillent pour une institution leur offrant leur structure de compétition optimale. En information complète, comme à la fois agents et entreprises connaissent le type de tous les agents avec certitude, l'unique équilibre en stratégies pures est un équilibre séparateur. Les entreprises offrent un seul contrat au seul type d'agents dont le contrat optimal est celui proposé. Quel que soit le degré d'aversion à l'inégalité des agents avec préférences sociales, il existe un équilibre en sous-jeu parfait unique qui est séparateur. La proposition suivante décrit cet équilibre.

Proposition 2. *En information complète, il existe un équilibre parfait en sous-jeu unique qui est séparateur. Il est décrit ci-dessous :*

Entreprises : une proportion strictement positive d'entreprises ont la stratégie d'équilibre $\{k^* = 1, \tau^* = 1\}$ *et l'autre proportion, strictement positive également, ont la stratégie d'équilibre*

$$\begin{cases} \{k^* = 1, \tau^* = T\} & \textit{si } \alpha < \alpha^*(\beta) \\ \left\{k^* = 1, \tau^* = \frac{1}{2}\right\} & \textit{si } \alpha \geq \alpha^*(\beta) \end{cases}$$

Agents : la stratégie d'équilibre des agents égoïstes est $\{C_S, e_S^*\}$ *et la stratégie d'équilibre des agents averses à l'inégalité est*

$$\begin{cases} \{C_A, e_A^*\} & \textit{si } \alpha \leq \alpha_0(\beta) \textit{ quand } \alpha < \alpha^*(\beta) \textit{ et } \beta \geq \beta_0 \textit{ quand } \alpha \geq \alpha^*(\beta) \\ \{X\} & \textit{si } \alpha > \alpha_0(\beta) \textit{ quand } \alpha < \alpha^*(\beta) \textit{ et } \beta < \beta_0 \textit{ quand } \alpha \geq \alpha^*(\beta) \end{cases}$$

Les stratégies d'équilibre des agents selon leurs degrés d'aversion à l'inégalité sont représentées par les figures 2.2 et 2.3 pour deux valeurs de U_0.

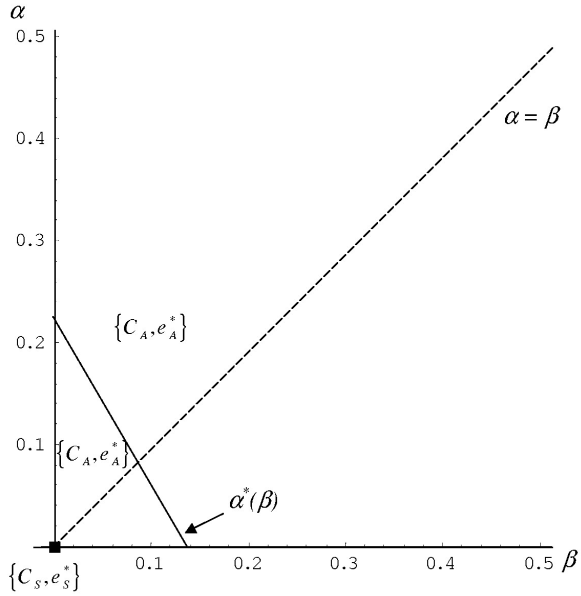

Figure 2.2 – Stratégies d'équilibre des agents en fonction de α et β, $U_0 = 0.15$

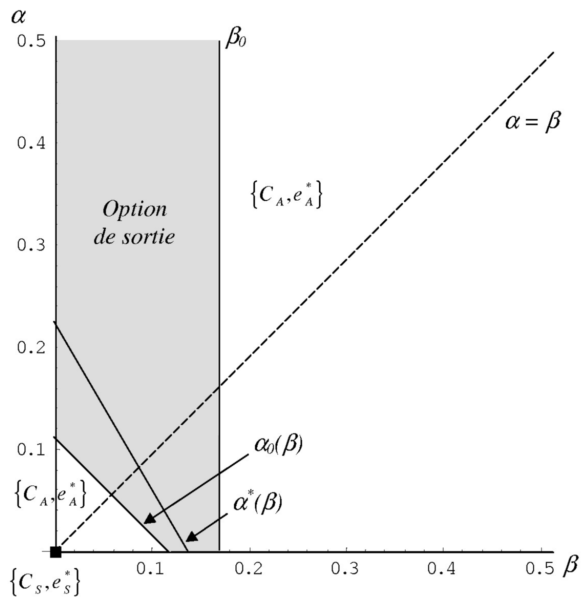

Figure 2.3 – Stratégies d'équilibre des agents en fonction de α et β, $U_0 = 0.21$

Ces graphiques représentent clairement l'équilibre séparateur décrit dans la proposition 2. Pour de faibles valeurs de U_0, tous les agents choisissent leur structure de contrat optimale et réalisent leur niveau d'effort d'équilibre correspondant. Aucun agent ne choisit l'option de sortie. Lorsque la valeur de U_0 est plus élevée, les agents égoïstes choisissent leur structure de paiement optimale. Pour les agents averses à l'inégalité, la stratégie $\{C_A, e_A^*\}$ est supportée à la fois pour de faibles valeurs de α et β, i.e. $\alpha \leq \alpha_0(\beta)$, et pour des valeurs élevées de β indépendamment de α, i.e. $\beta \geq \beta_0$. Ce résultat provient du fait que le contrat optimal des agents averses à l'inégalité avec $\alpha < \alpha^*(\beta)$ est différent du contrat optimal des agents averses à l'inégalité avec $\alpha \geq \alpha^*(\beta)$ (respectivement, $\tau^* = T$ et $\tau^* = \frac{1}{2}$). Les agents averses à l'inégalité avec $\alpha > \alpha_0(\beta)$ ou $\beta < \beta_0$ préfèrent l'option de sortie.

Une situation telle que les agents égoïstes et les agents averses à l'inégalité travaillent pour différentes entreprises, en fonction de la structure de compétition offerte, est stable alors qu'il n'existe pas d'équilibre mélangeant. Comme tous les agents maximisent leur utilité espérée quand les préférences sociales dans le groupe sont homogènes, une entreprise souhaitant composer des groupes hétérogènes n'existe pas à l'équilibre. Deux types d'entreprises seront présentes sur le marché : les entreprises qui offrent le contrat optimal pour les agents égoïstes et celles qui offrent le contrat optimal pour les agents averses à l'inégalité. Chaque entreprise offre une structure de compétition au type d'agents correspondant et ainsi, l'équilibre en sous-jeu parfait est unique et séparateur. Les agents acceptent de travailler sous leur contrat optimal seulement si leur contrainte de participation est vérifiée. Leur utilité espérée sous leur contrat optimal quand ils sont associés avec un agent ayant les mêmes préférences sociales doit être supérieure à l'utilité dérivée quand l'option de sortie est choisie.

Le niveau d'effort moyen est supérieur quand deux formes d'entreprises proposant deux contrats différents (les deux contrats optimaux) sont présentes sur le marché puisque les agents fournissent un niveau d'effort supérieur quand ils travaillent sous leur contrat optimal. Pour un degré d'aversion à l'inégalité suffisamment élevé, le contrat optimal des agents avec préférences sociales est un partage égal de la production de groupe entre les deux agents du groupe. De la coopération entre les agents averses à l'inégalité sous le mode de partage du produit peut être observée. Les résultats sont favorables à la coexistence sur le marché de plus d'un mode de rémunération indexé sur la performance des employés. Une structure de compétition particulière est appropriée à seulement un type particulier d'agents. L'idée que des entreprises présentant des caractéristiques identiques *ex ante* diffèrent dans leur degré de compétitivité et de coopération entre employés est supportée ici. La question désormais est de savoir si l'existence de cet équilibre séparateur est robuste lorsque le type des agents est d'information privée.

5 Auto-sélection et information incomplète

Les préférences sociales des agents sont généralement d'information privée. En information incomplète sur le type des agents, les entreprises ne peuvent pas offrir un contrat à un type particulier d'agents. Chaque entreprise propose un type de contrat aux deux types d'agents. Par conséquent, à la deuxième étape du jeu, les agents sélectionnent eux-même un de ces contrats. Les agents élaborent leurs croyances sur le type de l'agent avec qui ils sont appariés puis décident de leur niveau d'effort d'équilibre en conséquence. Est-ce que l'existence d'un équilibre unique et séparateur est robuste en situation d'information asymétrique ? Pour répondre à cette question, comme en information complète, nous calculons tout d'abord les niveaux d'effort d'équilibre. Les structures de compétition qui sont candidates à l'équilibre sont ensuite présentées. Nous déterminons enfin l'équilibre Bayésien parfait du jeu.

L'utilité espérée des agents égoïstes et averses à l'inégalité dépend de la proportion d'agents de chaque type dans la population totale. Les agents ne connaissent pas le type de l'autre membre du groupe. Avec ρ étant la proportion d'agents averses à l'inégalité dans la population totale, l'utilité espérée des agents de type θ, $\theta = \{\theta_S, \theta_A\}$, en information incomplète est donnée par :

$$EU_i(e_i, e_j) = \begin{cases} \rho EU_i(e_i, e_A) + (1-\rho)\, EU_i(e_i, e_j) & \text{si } \theta = \theta_S \\ \rho EU_i(e_i, e_j) + (1-\rho)\, EU_i(e_i, e_S) & \text{si } \theta = \theta_A \end{cases} \tag{2.16}$$

avec e_A, le niveau d'effort donné de l'agent averse à l'inégalité avec qui l'agent i est apparié quand i est égoïste et, e_S, le niveau d'effort donné de l'agent égoïste avec qui l'agent i est apparié quand i est averse à l'inégalité. Comme le nombre d'agents est supposé être infini, le type d'un individu particulier n'affecte pas ses croyances sur le type de l'autre agent du groupe.

En information incomplète, le niveau d'effort d'équilibre des agents égoïstes, e_S^{I*}, est donné par :

$$e_S^{I*} = \frac{\tau k}{2} \qquad \forall \tau \in \left[\frac{1}{2}, 1\right] \tag{2.17}$$

Le niveau d'effort d'équilibre d'un agent égoïste est sa stratégie dominante. Il est croissant avec k et τ. Quelle que soit l'information sur le type des agents, les agents égoïstes ont le même niveau d'effort d'équilibre, $e_S^{I*} = e_S^*$.

Suite aux spécificités du mode de partage du produit, les niveaux d'effort d'équilibre des agents averses à l'inégalité diffèrent quand $\tau \in \left(\frac{1}{2}, 1\right]$ et $\tau = \frac{1}{2}$. Le niveau d'effort d'équilibre des agents averses à l'inégalité, e_A^{I*}, est donné par :

– Si $\tau \in \left(\frac{1}{2}, 1\right]$,

$$e_A^{I*} = \begin{cases} \frac{k((2-\alpha(1-\rho))\tau + \beta(2-(5-\rho)\tau))}{2(2-\beta(2-\rho)+\alpha\rho)} & \text{si } \alpha\tau\,(1-\rho) + \beta\,(\tau\,(5-\rho) - 2) < 2\tau \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \tag{2.18}$$

– Si $\tau = \frac{1}{2}$,

$$e_A^{I*} = \begin{cases} \frac{k}{4} & \text{si } \rho \in \left[0, \frac{\beta}{\alpha+\beta}\right] \\ \left[\frac{k}{4(1-\beta+\rho(\alpha+\beta))}, \frac{k}{4}\right] & \text{si } \rho \in \left(\frac{\beta}{\alpha+\beta}, \frac{\alpha}{\alpha+\beta}\right] \\ \left[\frac{k}{4(1-\beta+\rho(\alpha+\beta))}, \frac{k}{4(1+\alpha-\rho(\alpha+\beta))}\right] & \text{si } \rho \in \left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}, 1\right] \end{cases} \tag{2.19}$$

Démonstration. Se reporter à l'annexe C. □

Quand le prix du gagnant de la compétition n'est pas le même que le prix du perdant, les agents averses à l'inégalité réalisent un faible niveau d'effort. Quand les prix sont identiques, les agents averses à l'inégalité peuvent réaliser un niveau d'effort supérieur à la stratégie de passager clandestin. Une coopération est observable à l'équilibre seulement pour une proportion d'agents avec préférences sociales dans la population totale suffisamment élevée.

Pour déterminer la structure de compétition optimale des agents de chaque type, nous utilisons la même méthode que précédemment. Les agents égoïstes voient leur utilité espérée augmenter avec la part de la production de groupe donnée au gagnant, τ, quelle que soit la proportion d'agents averses à l'inégalité dans la population totale. Par conséquent, les agents égoïstes maximisent leur utilité espérée d'équilibre pour $\tau_S^* = 1$. Aussi, si un contrat avec $\tau \in \left(\frac{1}{2}, 1\right]$ existe à l'équilibre, le contrat optimal pour les agents égoïstes, $\tau_S^* = 1$, existe nécessairement. Dans ce cas, un agent averse à l'inégalité sait avec certitude que si sa structure de contrat optimale est telle que $\tau < 1$, il sera apparié avec un autre agent averse à l'inégalité. Quand un agent averse à l'inégalité est apparié avec quelqu'un du même type, sa structure de compétition optimale est $\tau_A^* = T$ si $\alpha < \alpha^*(\beta)$ et $\tau_A^* = \frac{1}{2}$ si $\alpha \geq \alpha^*(\beta)$. Si $\alpha < \alpha^*(\beta)$, ni les agents averses à l'inégalité, ni les agents égoïstes, ne gagnent à choisir un contrat différent de leur contrat optimal. Il existe donc un équilibre unique et séparateur qui est le même qu'en information complète.

Démonstration. Se reporter à l'annexe D. □

Si $\alpha \geq \alpha^*(\beta)$, la structure de compétition optimale des agents averses à l'inégalité est le mode de partage du produit, $\tau_A^* = \frac{1}{2}$. Sous ce contrat, quand tous les agents participant sont averses à l'inégalité, une situation coopérative est un équilibre. Ce contrat peut cependant aussi être attractif pour les agents égoïstes qui réalisent un faible niveau d'effort (stratégie de passager clandestin) et tirent avantage du haut niveau d'effort réalisé par les agents averses à l'inégalité. Par conséquent, un équilibre séparateur est observé seulement si les deux types d'agents choisissent de travailler sous leur contrat optimal. Pour garantir que les agents égoïstes préfèrent travailler sous leur contrat optimal, $\tau_S^* = 1$, leur utilité espérée sous $\tau = 1$ doit être supérieure à leur utilité espérée sous $\tau = \frac{1}{2}$. Nous vérifions tout d'abord si cette condition est vérifiée quel que soit le niveau d'effort réalisé par les agents averses à l'inégalité.

La situation avec des contrats séparateurs est caractérisée par $\rho = 1$ sous le contrat $\tau = \frac{1}{2}$. Le niveau d'effort d'équilibre des agents averses à l'inégalité sous $\tau = \frac{1}{2}$ est croissant avec ρ donc, la condition d'auto-sélection est toujours vérifiée si elle est vérifiée pour $\rho = 1$. Dans ce cas, on aurait $e_A^{I*} = e_A^*$.
Par conséquent, les deux types d'agents s'auto-sélectionnent sous leur contrat optimal si :

$$EU_S\left(e_S^*, e_S^*\right)_{\tau=1} \geq EU_S\left(e_S^*, e_A^*\right)_{\tau=\frac{1}{2}} \qquad \forall e_A^* \tag{2.20}$$

La vérification de la condition d'auto-sélection dépend des valeurs de k associées aux contrats $\tau_S^* = 1$ et $\tau_A^* = \frac{1}{2}$. Pour garantir un équilibre séparateur, les agents égoïstes doivent travailler sous $\tau_S^* = 1$ à l'équilibre. Suite à la concurrence entre entreprises, celles-ci doivent donner la totalité de la production de groupe, $k_S^* = 1$, aux agents de ce groupe. Si elles ne le font pas, une autre entreprise a toujours intérêt à entrer sur le marché et offrir k proche de un associé au contrat $\tau_S^* = 1$. En effet, cela ne casse pas la condition d'auto-sélection. Avec k_A étant la part de la production totale de groupe donnée aux agents associés au contrat $\tau_A^* = \frac{1}{2}$, la condition d'auto-sélection valide $\forall e_A^*$ est donc donnée par :

$$\begin{cases} \frac{1}{4} \geq \frac{(3-\beta)k_A^2}{16(1-\beta)} & \text{si } \beta \in \left[0, \frac{1}{2}\right) \\ \frac{1}{4} \geq \frac{5k_A^2}{16} & \text{si } \beta \in \left[\frac{1}{2}, 1\right) \end{cases} \tag{2.21}$$

Ce résultat conduit au lemme suivant.

Lemme. *En information incomplète, quand il est supposé que les agents averses à l'inégalité sont tels que $\alpha \geq \alpha^*(\beta)$, ils peuvent atteindre le niveau d'effort d'équilibre $e_A^* \in [\underline{e}_A, \bar{e}_A]$, comme défini dans les sections précédents, si et seulement si la condition d'auto-sélection est vérifiée :*

$$k_A \in \begin{cases} [0,1] & si\ \beta \in \left[0, \frac{1}{3}\right] \\ \left[0, 2\sqrt{\frac{1-\beta}{3-\beta}}\right] & si\ \beta \in \left(\frac{1}{3}, \frac{1}{2}\right] \\ \left[0, \frac{2\sqrt{5}}{5}\right] & si\ \beta \in \left(\frac{1}{2}, 1\right) \end{cases}$$

Si $\beta \in \left[0, \frac{1}{3}\right]$, il existe un équilibre unique et séparateur $\forall k_A \in [0,1]$. Quand $\beta > \frac{1}{3}$, une condition sur k_A est nécessaire. La condition d'auto-sélection écrite ci-dessus est vraie quel que soit le niveau de e_A^*. Néanmoins, un agent averse à l'inégalité avec $\alpha \geq \alpha^*(\beta)$ peut préférer réduire son niveau d'effort d'équilibre mais être rémunéré sous $k_A = 1$ plutôt que choisir un niveau d'effort tel que $\bar{e}_A$ et avoir à supporter la condition d'auto-sélection induisant $k_A < 1$.

Pour déterminer leur plus haut niveau d'effort, $\bar{e}_A$, les agents averses à l'inégalité maximisent leur utilité espérée sous la contrainte d'auto-sélection. La contrainte d'auto-sélection étant saturée, la condition du premier ordre montre que l'utilité espérée des agents est croissante avec $\bar{e}_A$ seulement si $\bar{e}_A < \frac{3}{8}$. Le niveau d'effort de $\frac{3}{8}$ est le niveau d'effort maximal que les agents averses à l'inégalité avec $\beta = \frac{1}{3}$ peuvent atteindre à l'équilibre. Cela signifie que, quand la condition d'auto-sélection est vérifiée, les agents averses à l'inégalité avec $\beta \in \left(\frac{1}{3}, 1\right)$ réalisent un niveau d'effort plus faible ou égal à $\frac{3}{8}$. Par conséquent, les agents averses à l'inégalité avec $\beta \in \left(\frac{1}{3}, 1\right)$ préfèrent limiter leur comportement coopératif mais recevoir $k_A^* = 1$.

En information incomplète, le niveau d'effort d'équilibre d'un agent averse à l'inégalité avec $\alpha \geq \alpha^*(\beta)$ sous son contrat optimal est donc :

$$e_A^{I*} \in \left[\underline{e}_A, \bar{e}_A^I\right] \text{ avec } \underline{e}_A = \frac{k}{4(1-\beta_0)} \text{ et } \bar{e}_A^I = \begin{cases} \frac{1}{4(1-\beta)} & \text{si } \beta \in \left[0, \frac{1}{3}\right) \\ \frac{3}{8} & \text{si } \beta \in \left[\frac{1}{3}, 1\right) \end{cases} \tag{2.22}$$

L'ensemble des niveaux d'effort d'équilibre des agents averses à l'inégalité avec $\alpha \geq \alpha^*(\beta)$ est limité à $e_A^{I*} = \frac{3}{8}$ quand $\beta \in \left[\frac{1}{3}, 1\right)$. En information incomplète, l'optimum de Pareto du mode de partage du produit n'est pas un équilibre. Par conséquent, l'utilité associée à l'option de sortie doit être plus faible que $\frac{15}{64}$ pour observer les agents averses à l'inégalité choisir de travailler sous leur contrat optimal $\tau_A^* = \frac{1}{2}$ plutôt que de choisir l'option de sortie.

Proposition 3. *En information incomplète, il existe un équilibre Bayésien parfait unique et séparateur avec les croyances telles que $b_i(\theta = \theta_S \mid C_S) = b_i(\theta = \theta_A \mid C_A) = 1$. Il est décrit ci-dessous :*

Entreprises : une proportion d'entreprises strictement positive ont la stratégie d'équilibre $\{k^* = 1, \tau^* = 1\}$ et l'autre proportion, strictement positive également, ont la stratégie d'équilibre

$$\begin{cases} \{k^* = 1, \tau^* = T\} & \textit{si } \alpha < \alpha^*(\beta) \\ \left\{k^* = 1, \tau^* = \frac{1}{2}\right\} & \textit{si } \alpha \geq \alpha^*(\beta) \end{cases}$$

Agents : la stratégie d'équilibre des agents égoïstes est $\{C_S, e_S^*\}$ et la stratégie d'équilibre des agents averses à l'inégalité est

$$\begin{cases} \left\{C_A, e_A^{I*}\right\} & \begin{array}{l} \textit{si } U_0 \in \left[0, \frac{15}{64}\right] \textit{ et } \alpha \leq \alpha_0(\beta) \textit{ quand } \alpha < \alpha^*(\beta) \\ \qquad \textit{et } \beta \geq \beta_0 \textit{ quand } \alpha \geq \alpha^*(\beta) \end{array} \\ \{X\} & \begin{array}{l} \textit{si } U_0 \in \left(\frac{15}{64}, \frac{1}{4}\right] \textit{ et/ou } \alpha > \alpha_0(\beta) \textit{ quand } \alpha < \alpha^*(\beta) \\ \qquad \textit{et/ou } \beta < \beta_0 \textit{ quand } \alpha \geq \alpha^*(\beta) \end{array} \end{cases}$$

Quand le type des agents est d'information privée, l'unique équilibre Bayésien parfait est séparateur. Les deux structures de compétition proposées sur le marché à l'équilibre sont les structures optimales pour les deux types d'agents. Certaines entreprises offrent le contrat optimal pour les agents égoïstes et les autres entreprises offrent le contrat optimal pour les agents averses à l'inégalité. Toutes distribuent la totalité de la production de groupe entre agents, $k^* = 1$, dû à la concurrence entre entreprises. A la deuxième étape, les agents de chaque type décident sous quelle institution travailler. Ils choisissent de travailler sous le contrat leur étant destiné si la condition d'auto-sélection et la contrainte de participation sont vérifiées. Les agents s'auto-sélectionnent et l'unique équilibre est un équilibre séparateur. Par conséquent, chaque agent sait avec certitude que l'autre agent de son groupe a les mêmes préférences que lui-même. Des groupes homogènes s'auto-constituent.

En information incomplète, l'unique équilibre est un équilibre séparateur comme en information complète. Les deux structures de compétition d'équilibre sont les deux structures optimales et tous les agents travaillent sous leur contrat optimal. La condition sur α et β définissant la structure de compétition optimale des agents averses à l'inégalité est la même qu'en information complète. La structure de compétition optimale des agents averses à l'inégalité avec $\alpha < \alpha^* (\beta)$ est $\tau_A^* = T$ et celle des agents avec $\alpha \geq \alpha^* (\beta)$ est $\tau_A^* = \frac{1}{2}$. Néanmoins, une condition additionnelle sur l'intervalle de U_0 est nécessaire pour observer les agents averses à l'inégalité choisir leur contrat optimal plutôt que l'option de sortie. Afin d'observer un équilibre séparateur avec tous les agents travaillant sous leur structure de compétition optimale, U_0 doit être inférieure à $\frac{15}{64}$ alors qu'il n'y avait pas de condition supplémentaire à $U_0 \leq \frac{1}{4}$ en information complète. En effet, le niveau d'effort d'équilibre des agents avec préférences sociales quand leur degré d'aversion à l'inégalité est tel que $\alpha \geq \alpha^* (\beta)$ comprend une borne supérieure à $\frac{3}{8}$ lorsque le type des agents est d'information privée.

Le coût de l'asymétrie d'information est observé à travers la réduction du comportement coopératif des agents averses à l'inégalité sous $\tau_A^* = \frac{1}{2}$ de façon à préserver l'auto-sélection des deux types d'agents. Suite à l'attractivité de ce contrat pour les agents égoïstes, les agents averses à l'inégalité ne peuvent pas atteindre un comportement coopératif aussi élevé qu'en information complète. L'utilité espérée potentielle d'équilibre des agents averses à l'inégalité est donc réduite. Cependant, bien que le type des agents ne soit pas observable, tous les agents sont appariés de manière optimale sous leur contrat optimal et les agents averses à l'inégalité peuvent toujours coopérer sous le mode de partage du produit.

Proposition 4. *L'équilibre séparateur avec tous les agents travaillant sous leur contrat optimal est robuste à l'information incomplète.*
Quand les agents averses à l'inégalité ont des degrés d'aversion à l'inégalité tels que $\alpha \geq \alpha^* (\beta)$*, le coût de l'incomplétude de l'information est un comportement coopératif d'équilibre plus faible qu'en information complète.*

Lorsque les agents sont supposés hétérogènes en termes de préférences sociales, il existe un équilibre Bayésien parfait unique et séparateur en information incomplète. Tous les agents travaillent sous la structure de compétition qui est optimale pour eux et donc, des groupes homogènes sont construits. Aussi, l'auto-sélection des travailleurs conduit à des gains d'efficience avec un niveau d'effort moyen plus élevé par rapport à une situation ne permettant pas le libre choix par les agents de leur organisation. Le type des agents est inconnu *ex ante* par les autres agents et les entreprises mais une fois que les agents ont choisi la structure organisationnelle sous laquelle ils souhaitent travailler, les entreprises savent quel type d'agents travaillent sous leur mécanisme de paiement et les agents savent qu'ils sont appariés avec un agent du même type ; ayant les mêmes préférences, ils ont fait les mêmes choix.

Il n'y a finalement pas besoin de déterminer le type des agents directement. Ils s'identifient eux-mêmes à travers leur choix d'un des contrats proposés par différentes entreprises sur le marché. L'auto-sélection dirige le caractère séparateur de l'équilibre. En information incomplète, comme en information complète, différentes structures organisationnelles existent même lorsque les entreprises sont identiques *ex ante*. Certaines soulignent la compétitivité entre agents travaillant dans le même groupe alors que d'autres supportent la coopération. Les entreprises qui offrent un mode de rémunération totalement inégalitaire coexistent à l'équilibre avec des entreprises offrant un contrat plus égalitaire quand l'entrée sur le marché se fait sans coût.

6 Conclusion

Le principal résultat de notre étude met en évidence qu'un mécanisme incitatif de groupe spécifique ne peut pas être totalement efficient quand la population active est hétérogène en termes de préférences sociales telles que l'aversion à l'inégalité. Dans la réalité, de multiples modes de rémunération indexés sur la performance des employés sont nécessaires pour apporter les incitations appropriées à différents types d'agents. Sur un marché du travail en concurrence, l'existence de différentes structures organisationnelles fondées sur le degré de compétitivité et de coopération entre employés est prouvé bien que les entreprises soient identiques *ex ante*. L'unique équilibre est séparateur dans le sens où tous les agents travaillent sous leur propre contrat optimal. Dans chaque entreprise, caractérisée par le contrat de rémunération qu'elle propose, les agents présentent les mêmes préférences sociales, ce qui conduit à des groupes homogènes. Ce résultat est robuste quand le type de personnalité des agents est d'information privée.

Les agents qui sont exclusivement concernés par leur propre paiement sont positivement et fortement affectés par un environnement compétitif. Cependant, les agents qui n'apprécient pas l'inégalité *ex post* entre les paiements nets exercent un faible niveau d'effort à l'équilibre sous ce genre de mode de rémunération. Ils répondent d'une meilleure façon à des incitations moins compétitives. Pour des degrés d'aversion à l'inégalité suffisamment élevés, les agents avec préférences sociales maximisent leur utilité sous un mode de paiement par partage du produit qui distribue de façon égalitaire la production de groupe entre les agents du groupe. Ainsi, la coopération peut être atteinte à l'équilibre si le degré d'aversion à l'inégalité avantageuse de tous les agents est suffisamment élevé et que cette information est de connaissance commune.

Sous la supposition d'absence de coûts de mobilité, nous montrons qu'il existe un équilibre unique et séparateur où chaque entreprise propose la structure de compétition optimale d'un type d'agents. Quand l'identification des types est possible, les agents de chaque type travaillent sous leur contrat optimal avec certitude. La condition nécessaire et suffisante pour que cette situation soit stable en information incomplète est que les agents égoïstes ne souhaitent pas rejoindre la structure de paiement optimale pour les agents averses à l'inégalité. Cette condition est toujours vérifiée quand les agents ont un niveau d'aversion à l'inégalité suffisamment faible. Dans les autres cas, quand le contrat optimal des agents averses à l'inégalité est un mode de partage du produit, les agents sont appariés de façon optimale seulement si la condition d'auto-sélection est vérifiée. Elle se traduit par une diminution du comportement coopératif potentiel des agents averses à l'inégalité comparé à leur comportement en information complète. Il n'existe pas d'équilibre mélangeant. Des gains d'efficience sont dégagés lorsque les agents travaillent sous leur mode de rémunération optimal.

Les conclusions de ce chapitre, notamment concernant l'analyse en information incomplète, soulignent l'importance de considérer l'auto-sélection des agents fondée sur l'hétérogénéité des préférences sociales quand les agents ont la possibilité de choisir l'entreprise pour laquelle ils souhaitent travailler sans coût. En effet, un mode de rémunération n'est pas efficient pour l'ensemble de la population en termes d'incitations. Dans un environnement qui permet aux individus de sélectionner leur mode de rémunération, l'auto-sélection de ceux-ci conduit à des groupes homogènes et implique une identification des types de personnalité *ex post*. Les incitations appropriées sont ainsi appliquées aux agents correspondants et conduisent à un niveau d'effort moyen supérieur au niveau d'effort attendu si l'auto-sélection des agents n'est pas possible. Avec une concurrence sur marché du travail entre des entreprises identiques *ex ante*, ces résultats donnent un support théorique à l'existence de différentes cultures d'entreprises fondées sur le degré de compétitivité et de coopération à l'intérieur des groupes d'employés.

Une extension de cette étude serait de différencier les agents par leur niveau d'aptitude. Le niveau d'aptitude des agents peut avoir un impact sur leur décision d'effort et sur leur choix de mode de rémunération également. Les agents à haut niveau d'aptitude préfèrent vraisemblablement davantage la compétition que les agents à faible niveau d'aptitude. Il pourrait être intéressant d'analyser si des groupes homogènes en termes à la fois d'aptitudes et de préférences sociales sont plus efficaces. L'aversion au risque des agents est une autre caractéristique individuelle à considérer, que nous développerons au chapitre quatre. La complémentarité entre les niveaux d'effort des agents du même groupe peut donner des indications sur le degré de compétitivité et de coopération à implémenter, dépendant de la complexité de la tâche considérée. En effet, une entreprise à tâches complémentaires requiert plus de coopération entre employés et plus de commuunication qu'une entreprise à tâches substituables.

Quand les agents ont divers types de personnalité, considérer l'auto-sélection des agents est nécessaire pour évaluer la dimension incitative apportée par différents modes de rémunération variables. Enfin, il importe de tester la portée empirique de ce modèle. Aussi, le chapitre trois présente les résultats d'une expérience qui a reproduit en laboratoire l'essence de ce modèle.

Annexes

Annexe A - Détermination des niveaux d'effort d'équilibre en information complète

- *Agents égoïstes*

Ils déterminent leur niveau d'effort d'équilibre, e_S^*, en maximisant leur utilité espérée :

$$e_S^* \in \arg \max_{e_i} EU_i(e_i, e_j) = \tau k e_i + (1-\tau) k e_j - e_i^2$$

$$\frac{\partial EU_i(e_i, e_j)}{\partial e_i} = 0 \Longleftrightarrow e_S^* = \frac{\tau k}{2}$$

Quels que soient le type et le comportement de l'autre agent du groupe, un agent égoïste a une stratégie dominante, e_S^*.

- *Agents averses à l'inégalité*

Nous devons différencier deux cas, soit $\tau \in \left(\frac{1}{2}, 1\right]$, soit $\tau = \frac{1}{2}$, car l'utilité espérée des agents averses à l'inégalité s'exprime différemment.

Quand $\tau \in \left(\frac{1}{2}, 1\right]$, l'utilité espérée de l'agent i a des expressions différentes en fonction du niveau d'effort de l'agent avec qui il est apparié.
Si $e_i > e_j + (2\tau - 1) k$, l'utilité espérée de l'agent i est donnée par :

$$\begin{aligned} EU_i(e_i, e_j)_1 &= e_i \left[\tau k - \alpha \left(-(2\tau-1) k + (e_i - e_j)\right)\right] \\ &+ e_j \left[(1-\tau) k - \alpha \left((2\tau - 1) k + (e_i - e_j)\right)\right] - e_i^2 \end{aligned}$$

Si $e_j - (2\tau - 1) k < e_i < e_j + (2\tau - 1) k$, l'utilité espérée de l'agent i est donnée par :

$$\begin{aligned} EU_i(e_i, e_j)_2 &= e_i \left[\tau k - \beta \left((2\tau-1) k - (e_i - e_j)\right)\right] \\ &+ e_j \left[(1-\tau) k - \alpha \left((2\tau - 1) k + (e_i - e_j)\right)\right] - e_i^2 \end{aligned}$$

Si $e_i < e_j - (2\tau - 1)\,k$, l'utilité espérée de l'agent i est donnée par :

$$EU_i(e_i, e_j)_3 = e_i\left[\tau k - \beta\left((2\tau - 1)\,k - (e_i - e_j)\right)\right]$$
$$+e_j\left[(1-\tau)\,k - \beta\left(-(2\tau - 1)\,k - (e_i - e_j)\right)\right] - e_i^2$$

Nous cherchons le niveau d'effort d'équilibre tel que l'agent n'a pas d'intérêt à dévier de cette situation. La déviation la plus difficile à prévenir se trouve être pour les niveaux d'effort les plus proches de e_A^*. Nous devons donc contrôler la déviation pour les niveaux d'effort e_i tels que $e_A^* - (2\tau - 1)\,k < e_i < e_A^* + (2\tau - 1)\,k$. Si ce type de déviation n'est pas observé, aucune déviation pour $e_i < e_A^* - (2\tau - 1)\,k$ et pour $e_i > e_A^* + (2\tau - 1)$ n'existe. Par conséquent, l'utilité espérée des agents reste la même et nous pouvons utiliser la condition du premier ordre :

$$e_A^* \in \arg\max_{e_i} EU_i(e_i, e_j)_2$$

$$\frac{\partial EU_i(e_i, e_j)_2}{\partial e_i} = 0 \Longleftrightarrow e_A^*(e_j) = \frac{\tau k\,(1-2\beta) + k\beta - e_j\,(\alpha+\beta)}{2\,(1-\beta)}$$

Ainsi, si l'agent qui est associé à l'agent i est de type $\theta = \theta_A$,

$$e_A^* = \frac{k\,(\tau\,(1-2\beta)+\beta)}{2+\alpha-\beta}$$

S'il est de type $\theta = \theta_S$,

$$e_A^* = \begin{cases} \frac{k(\tau(2-\alpha-5\beta)+2\beta)}{4(1-\beta)} & \text{si } \alpha\tau + \beta\,(5\tau-2) < 2\tau \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Quand $\tau = \frac{1}{2}$, si un agent averse à l'inégalité est apparié avec un agent égoïste, son niveau d'effort d'équilibre est :

$$e_A^* = \frac{k}{4}$$

Si les deux agents sont averses à l'inégalité, comme ils sont identiques, nous supposons qu'ils ont la même stratégie d'équilibre. Nous considérons une situation avec des stratégies symétriques (e_A^*, e_A^*) et nous contrôlons si les agents ont un intérêt à dévier. Comme $U_i(e_i, e_j)$ prend différentes valeurs quand $e_i > e_j$ et quand $e_i < e_j$, nous contrôlons les conditions sous lesquelles l'agent i de type $\theta = \theta_A$ n'a pas d'incitation à dévier.

Déviation pour $e_i > e_A^*$? L'agent ne dévie pas si

$$U_i(e_A^*, e_A^*) \geq U_i(e_i, e_A^*)$$

$$\Longleftrightarrow ke_A^* - e_A^{*2} \geq (e_i + e_A^*) \left[\frac{1}{2}k - \alpha\left(e_i - e_A^*\right)\right] - e_i^2$$

$$\Longleftrightarrow e_A^* \geq \frac{k}{2(1+\alpha)} - e_i$$

Comme l'équilibre est supposé symétrique, il est équivalent à

$$e_A^* \geq \frac{k}{4(1+\alpha)}$$

Cela signifie qu'un agent de type $\theta = \theta_A$ ne souhaite pas dévier de la situation (e_A^*, e_A^*) pour $e_i > e_A^*$ si e_A^* est tel que $e_A^* \geq \frac{k}{4(1+\alpha)}$.

Déviation pour $e_i < e_A^*$? L'agent ne dévie pas si

$$U_i(e_A^*, e_A^*) \geq U_i(e_i, e_A^*)$$

$$\Longleftrightarrow ke_A^* - e_A^{*2} \geq (e_i + e_A^*) \left[\frac{1}{2}k - \beta\left(e_A^* - e_i\right)\right] - e_i^2$$

$$\Longleftrightarrow e_A^* \leq \frac{k}{2(1-\beta)} - e_i$$

Comme l'équilibre est supposé symétrique, il est équivalent à

$$e_A^* \leq \frac{k}{4(1-\beta)}$$

Cela signifie qu'un agent de type $\theta = \theta_A$ ne souhaite pas dévier de la situation (e_A^*, e_A^*) pour $e_i < e_A^*$ si e_A^* est tel que $e_A^* \leq \frac{k}{4(1-\beta)}$.

Par conséquent, lorsqu'il est de connaissance commune que le groupe est composé d'agents averses à l'inégalité, il existe des équilibres symétriques multiples quand $\tau = \frac{1}{2}$. Nous devons préciser que la borne supérieure de l'ensemble des équilibres n'est pas toujours égale à $\frac{k}{4(1-\beta)}$. En effet, l'optimum de Pareto de ce mode de partage du produit est tel que

$$\frac{\partial EU_A(e_A^{OP}, e_A^{OP})}{\partial e_A^{OP}} = 0 \Longleftrightarrow e^{OP} = \frac{k}{2}$$

Un agent i averse à l'inégalité ne gagne jamais à fournir un niveau d'effort supérieur à e^{OP} car quelle que soit la stratégie de j, l'utilité espérée de l'agent i décroît lorsque son niveau d'effort augmente au-delà du niveau d'effort Pareto optimal (même sans prendre en compte la réduction d'utilité due à l'inégalité). Le niveau d'effort d'équilibre sera borné à $e_A^* = \frac{k}{2}$ quand $\beta \in \left[\frac{1}{2}, 1\right)$. L'ensemble des équilibres s'écrit donc

$$e_A^* \in \begin{cases} \left[\frac{k}{4(1+\alpha)}, \frac{k}{4(1-\beta)}\right] & \text{si } \beta \in \left[0, \frac{1}{2}\right) \\ \left[\frac{k}{4(1+\alpha)}, \frac{k}{2}\right] & \text{si } \beta \in \left[\frac{1}{2}, 1\right) \end{cases}$$

Annexe B - Preuve de la Proposition 1

Pour établir la structure de compétition optimale de chaque type d'agents, nous déterminons tout d'abord la valeur de τ optimale dans l'intervalle $\left(\frac{1}{2}, 1\right]$ et nous comparons l'utilité espérée des agents sous ce τ optimal avec leur utilité espérée sous $\tau = \frac{1}{2}$.

- *Agents égoïstes*

$$EU_S\left(e_S^*, e_S^*\right) > EU_S\left(e_S^*, e_A^*\right) \qquad \forall \tau \in \left(\frac{1}{2}, 1\right]$$

Les agents égoïstes préfèrent donc être appariés avec un autre agent égoïste.

$$\frac{\partial EU_S\left(e_S^*, e_S^*\right)}{\partial \tau} > 0 \qquad \forall \tau \in \left(\frac{1}{2}, 1\right]$$

La valeur de τ optimale dans l'intervalle $\left(\frac{1}{2}, 1\right]$ est par conséquent $\tau = 1$ pour les agents égoïstes.

Le prix récompensé au gagnant de la compétition dépend de la production de groupe donc, il augmente avec les niveaux d'effort des agents. Sous $\tau = 1$, le niveau d'effort d'équilibre exercé par un agent égoïste est strictement supérieur à celui exercé par un agent averse à l'inégalité, $e_S^* > e_A^*$. Ainsi, un agent égoïste préfère être apparié dans un groupe avec un autre agent égoïste pour maximiser la valeur absolue du prix récompensé au gagnant.

- *Agents averses à l'inégalité*

Nous savons que $\tau = 1$ si un agent averse à l'inégalité est apparié avec un agent égoïste car les agents égoïstes travaillent exclusivement sous des contrats avec $\tau = 1$. Aussi, nous cherchons le τ optimal, $\tau \in \left[\frac{1}{2}, 1\right]$, pour les agents averses à l'inégalité appariés avec un agent présentant les mêmes préférences.
$\frac{\partial EU_A\left(e_A^*, e_A^*\right)}{\partial \tau} = 0$ correspond à un maximum et nous donne la valeur de τ optimale pour cet intervalle :

$$\tau = \frac{-2 + 5\beta + 3\beta^2 - 4\beta^3 + \alpha^2\left(4\beta - 1\right) + \alpha\left(10\beta - 3\right)}{2\left(2\beta - 1\right)\left(1 + 4\alpha + 2\alpha^2 + 2\beta - 2\beta^2\right)}$$

Conditionnellement à la définition des hypothèses sur α et β,
$\tau = \frac{-2+5\beta+3\beta^2-4\beta^3+\alpha^2(4\beta-1)+\alpha(10\beta-3)}{2(2\beta-1)(1+4\alpha+2\alpha^2+2\beta-2\beta^2)}$ existe seulement si $0 \leq \beta < \frac{1}{6}$ et $\alpha < \frac{1}{2}\sqrt{5 - 16\beta\left(1 - \beta\right)} - \frac{1}{2} - \beta$. Il est donc clair que les agents averses à l'inégalité

avec $\beta \geq \frac{1}{6}$ ou $\alpha \geq \frac{1}{2}\sqrt{5 - 16\beta(1-\beta)} - \frac{1}{2} - \beta$ maximisent leur utilité sous le contrat $\tau_A^* = \frac{1}{2}$.

Pour simplification, nous notons $T = \frac{-2+5\beta+3\beta^2-4\beta^3+\alpha^2(4\beta-1)+\alpha(10\beta-3)}{2(2\beta-1)(1+4\alpha+2\alpha^2+2\beta-2\beta^2)}$.

Nous devons déterminer si les agents avec $0 \leq \beta < \frac{1}{6}$ et $\alpha < \frac{1}{2}\sqrt{5 - 16\beta(1-\beta)} - \frac{1}{2} - \beta$ préfèrent travailler sous $\tau = T$ ou sous $\tau = \frac{1}{2}$. Comme il existe des équilibres multiples sous $\tau = \frac{1}{2}$, nous contrôlons si l'utilité des agents est supérieure sous $\tau = T$ ou sous $\tau = \frac{1}{2}$ avec pour effort réalisé, le niveau d'effort d'équilibre maximal qu'ils peuvent atteindre.[12] $EU_A(e_A^*, e_A^*)_{\tau=T} > EU_A(e_A^*, e_A^*)_{\tau=\frac{1}{2}}$ pour α et β pas trop élevés. Le contrat optimal des agents averses à l'inégalité est

$$\tau_A^* = \begin{cases} T & \text{si } \alpha < \alpha^*(\beta) \\ \frac{1}{2} & \text{si } \alpha \geq \alpha^*(\beta) \end{cases}$$

avec $\alpha^*(\beta)$ étant la solution de $EU_A(e_A^*, e_A^*)_{\tau=T} - EU_A(e_A^*, e_A^*)_{\tau=\frac{1}{2}} = 0$. Les valeurs de $\alpha^*(\beta)$ sont indiquées dans le tableau suivant pour en donner une idée claire suite à la complexité de la solution ;

$\alpha^*(\beta) = \frac{2\left(-1+4\beta-2\beta^2-2\beta^3\right)+\sqrt{2(-1+2\beta)^5(-3+4\beta)}}{2(1-6\beta+6\beta^2)}$

β	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.087
$\alpha^*(\beta)$	0.225	0.193	0.161	0.130	0.098	0.087

Le dernier point consiste à contrôler si les agents averses à l'inégalité préfèrent travailler sous leur contrat optimal, τ_A^*, avec un agent ayant le même degré d'aversion à l'inégalité ou sous $\tau_S^* = 1$ avec un agent égoïste.

$EU_A(e_A^*, e_A^*)_{\tau=T} > EU_A(e_A^*, e_S^*)_{\tau=1}$ est toujours vérifiée, ce qui signifie qu'un

[12] Cette supposition est rendue possible par le concept d'induction vers l'avant. Supposons un agent qui a une utilité espérée supérieure sous $\tau = \frac{1}{2}$ comparé à $\tau = T$ seulement pour des niveaux d'effort d'équilibre suffisamment élevés sous $\tau = \frac{1}{2}$. Sachant que cet agent maximise son utilité espérée, il signale aux autres agents qu'il peut soutenir un niveau d'effort d'équilibre suffisamment élevé sous $\tau = \frac{1}{2}$ suite à son choix de travailler sous $\tau = \frac{1}{2}$ au lieu de $\tau = T$. Par conséquent, un agent préfère travailler sous $\tau = \frac{1}{2}$ à partir du moment où son utilité espérée pour son niveau d'effort d'équilibre maximal sous $\tau = \frac{1}{2}$ est supérieure à son utilité espérée sous $\tau = T$.

agent averse à l'inégalité avec $\alpha < \alpha^*(\beta)$ préfère toujours être associé à un agent ayant les mêmes préférences que lui plutôt qu'avec un agent égoïste.

$EU_A(e_A^*, e_A^*)_{\tau=\frac{1}{2}} > EU_A(e_A^*, e_S^*)_{\tau=1}$ est toujours vérifiée pour certaines valeurs de e_A^*. Par conséquent, à l'aide du concept d'induction vers l'avant, les agents averses à l'inégalité avec $\alpha \geq \alpha^*(\beta)$ préfèrent toujours être appariés avec quelqu'un averse à l'inégalité également.

Un agent, qu'il soit égoïste ou averse à l'inégalité, préfère être associé dans un groupe avec une personne ayant les mêmes préférences que lui-même.

Annexe C - Détermination des niveaux d'effort d'équilibre en information incomplète

- *Agents égoïstes*

Ils déterminent leur niveau d'effort d'équilibre en information incomplète, e_S^{I*}, en maximisant leur utilité espérée :

$$e_S^{I*} \in \arg\max_{e_i} EU_i(e_i, e_j) = \rho EU_i(e_i, e_A) + (1-\rho) EU_i(e_i, e_j)$$

avec e_A, le niveau d'effort de l'agent averse à l'inégalité qui est apparié avec l'agent i.

$$\frac{\partial EU_i(e_i, e_j)}{\partial e_i} = 0 \Longleftrightarrow e_S^{I*} = \frac{\tau k}{2}$$

- *Agents averses à l'inégalité*

Ils déterminent leur niveau d'effort d'équilibre en information incomplète, e_A^{I*}, en maximisant leur utilité espérée. Comme en information complète, nous devons différencier le cas où $\tau \in \left(\frac{1}{2}, 1\right]$ du cas où $\tau = \frac{1}{2}$. Nous utilisons la même méthode de résolution qu'en information complète.

Quand $\tau \in \left(\frac{1}{2}, 1\right]$,

$$e_A^{I*} \in \arg\max_{e_i} EU_i(e_i, e_j) = \rho EU_i(e_i, e_j) + (1-\rho) EU_i(e_i, e_S)$$

avec e_S, le niveau d'effort de l'agent égoïste avec qui est apparié l'agent i.

$$\frac{\partial EU_i(e_i, e_j)}{\partial e_i} = 0 \Longleftrightarrow e_A^{I*} = \begin{cases} \frac{k((2-\alpha(1-\rho))\tau+\beta(2-(5-\rho)\tau))}{2(2-\beta(2-\rho)+\alpha\rho)} \\ \qquad \text{si } \alpha\tau\left(1-\rho\right)+\beta\left(\tau\left(5-\rho\right)-2\right)<2\tau \\ 0 \qquad \text{sinon} \end{cases}$$

Quand $\tau = \frac{1}{2}$,

$$e_A^{I*} = \begin{cases} \frac{1}{4} & \text{si } \rho \in \left[0, \frac{\beta}{\alpha+\beta}\right] \\ \left[\frac{1}{4(1-\beta+\rho(\alpha+\beta))}, \frac{1}{4}\right] & \text{si } \rho \in \left(\frac{\beta}{\alpha+\beta}, \frac{\alpha}{\alpha+\beta}\right] \\ \left[\frac{1}{4(1-\beta+\rho(\alpha+\beta))}, \frac{1}{4(1+\alpha-\rho(\alpha+\beta))}\right] & \text{si } \rho \in \left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}, 1\right] \end{cases}$$

Comme en information complète, nous avons contrôlé chaque déviation possible.

Annexe D - Structure de compétition optimale en information incomplète

- *Agents égoïstes*

$$\frac{\partial EU_S\left(e_S^{I*}, e_A^{I*}\right)}{\partial \tau} > 0 \qquad \forall \tau \in \left(\frac{1}{2}, 1\right]$$

Nous résolvons analytiquement cette inégalité mais suite à la complexité de la solution, nous reportons ici deux graphiques donnant l'utilité espérée d'équilibre des agents égoïstes en fonction de τ et ρ pour deux cas différents selon les degrés d'aversion à l'inégalité. Il apparaît clairement que les agents égoïstes maximisent leur utilité espérée d'équilibre pour $\tau = 1$ quand $\tau \in \left(\frac{1}{2}, 1\right]$, quelle que soit la proportion d'agents averses à l'inégalité dans la population totale. Le contrat optimal des agents égoïstes est donc $\tau_S^* = 1$.

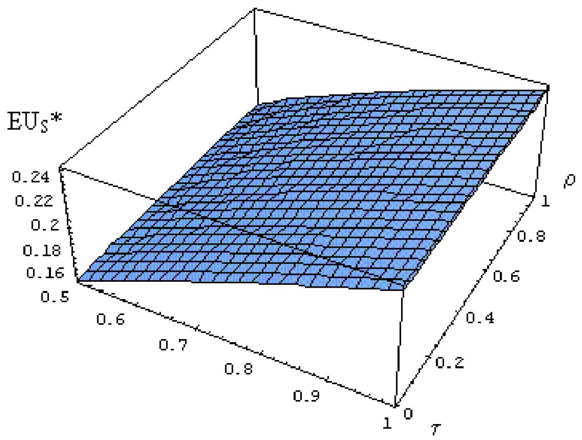

Figure 2.4 – Utilité espérée des agents égoïstes quand $\alpha = 0.5$ et $\beta = 0.1$

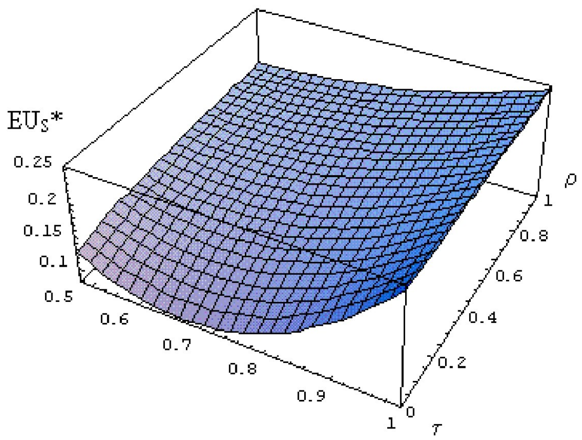

Figure 2.5 – Utilité espérée des agents égoïstes quand $\alpha = 1$ et $\beta = 0.6$

Par conséquent, nous savons que si un contrat avec $\tau \in \left(\frac{1}{2}, 1\right]$ existe à l'équilibre, au moins un contrat d'équilibre sera le contrat optimal pour les agents égoïstes, ce qui correspond à une structure de paiement très compétitive, telle que $\tau_S^* = 1$.

- *Agents averses à l'inégalité*

Eu égard du contrat d'équilibre des agents égoïstes, les agents averses à l'inégalité savent avec certitude que si leur structure de compétition optimale est telle que

$\tau < 1$, ils seront appariés avec un autre agent également averse à l'inégalité. Ainsi, comme nous l'avons montré précédemment, quand les agents averses à l'inégalité sont appariés avec un agent ayant les mêmes préférences sociales, leur structure de paiement optimale est $\tau_A^* = T$ si $\alpha < \alpha^*(\beta)$ et $\tau_A^* = \frac{1}{2}$ si $\alpha \geq \alpha^*(\beta)$.