Un effet pervers de la responsabilité limitée

Sandrine Ollier*
Centre de Recherche sur les Stratégies Économiques,
Université de Franche-Comté
*Groupe d'Analyse et de Théorie Économique, Université Lyon 2***

1 Introduction

Un des objectifs de la législation du travail est de donner un cadre au partage de responsabilités entre employeurs et salariés. En règle générale, la responsabilité pécuniaire d'un salarié ne peut être engagée que s'il est prouvé que ce dernier a intentionnellement nui à son employeur. Cette limitation de responsabilité se justifie lorsque le salarié n'est pas directement responsable de la gestion et de l'exploitation de l'entreprise. Cependant, dans le cas particulier où le salarié encaisse des sommes d'argent pour le compte de son employeur, il n'est généralement pas nécessaire de constater l'existence d'une faute lourde pour le condamner à restituer la somme qu'il détient. Il est dans ce cas pécuniairement responsable de ses actes.

L'objectif de cet article est de questionner le bien fondé de ce type de législation, du point de vue du salarié, dans un cadre d'agence généralisée. Considérons un employeur (le principal) et un salarié (l'agent) neutres au risque. Le salarié dispose de suffisamment de fonds propres pour supporter toute punition imposée par l'employeur et ce dernier est informé de l'existence des fonds propres du salarié. L'employeur embauche le salarié pour que ce dernier choisisse et réalise un projet. Par exemple, un superviseur laisse

* J'exprime ma profonde reconnaissance à M. Bergounioux, Y. Pelosse, J.L. Rullière et L. Flochel pour leur aide précieuse, ainsi qu'à deux rapporteurs anonymes pour leurs commentaires constructifs. Je tiens à remercier C. Prendergast et L. Stole pour leurs remarques et suggestions et pour leur hospitalité au sein de la Graduate School of Business de Chicago où une partie de ce travail a été réalisée. Je reste seule responsable d'éventuelles erreurs ou omissions.

** Contact : CRESE, Université de Franche-Comté, 45 D Avenue de l'Observatoire, 25030 Besançon, France. Email : sandrineollier@googlemail.com.

choisir à un travailleur quelle méthode de travail utiliser. Un président directeur général suit la recommandation de son chef de produit pour décider quand et comment un nouveau produit sera lancé sur le marché. Le salarié est doté d'un talent qui conditionne la qualité du projet retenu. Ce talent est une information privée détenue par le salarié. Une fois le projet choisi, le salarié fournit un niveau d'effort inobservable pour réaliser le projet. Cet effort peut être interprété comme le temps ou l'attention consacrés par le salarié à la réalisation du projet. Ainsi, l'employeur est en présence d'un problème de sélection adverse suivi d'un problème d'aléa moral. À partir de ce cadre d'analyse, nous étudions l'impact de l'introduction d'une contrainte de responsabilité limitée sur le niveau de rémunération du salarié.

Lorsque l'équilibre est séparateur[1], limiter la responsabilité d'un agent neutre au risque dans un modèle de sélection adverse suivi d'aléa moral accroît les distorsions dues à la sélection adverse. Le principal doit en effet fournir à l'agent une rente de responsabilité limitée en plus de la rente informationnelle (Laffont et Martimort, 2002)[2]. La contrainte de responsabilité limitée fait ainsi apparaître des distorsions dues à la présence d'aléa moral malgré la neutralité au risque de l'agent. Dans ce cadre, limiter la responsabilité de l'agent accroît l'utilité espérée de ce dernier tout en diminuant le profit espéré du principal. Le résultat selon lequel l'agent bénéficie de ce type de contrainte est fondé sur la propriété de séparation de l'équilibre du modèle d'agence généralisée.

En revanche, lorsque l'équilibre est mélangeant[3], la présence d'aléa moral dans un contexte de sélection adverse peut permettre de réduire la sévérité de la sélection adverse. Ainsi, sur un marché de l'assurance, Stewart (1994) met en évidence le fait que l'aléa moral réduit l'impact négatif de la sélection adverse en augmentant l'aversion au risque des agents les plus risqués. De même, Vercammen (2002) observe, sur un marché concurrentiel de crédit, que l'impact négatif de la sélection adverse peut être plus que compensé par une baisse de l'impact de l'aléa moral. La présence d'aléa moral dans un modèle existant de sélection adverse peut donc améliorer le bien-être collectif. Comme Stewart (1994) et Vercammen (2002), nous analysons ici un modèle d'agence généralisée avec équilibre mélangeant. Par conséquent, contrairement au modèle avec équilibre séparateur, les distorsions ne sont donc pas la simple addition des distorsions dues à la sélection adverse et à l'aléa moral. Notre analyse se distingue cependant de celles de Stewart (1994) et Vercammen (2002) au sens où les distorsions dues à la présence d'aléa moral sont introduites par le biais d'une contrainte de responsabilité limitée sur le niveau de rémunération de l'agent.

Dans le premier cas, la législation ne protège pas l'agent contre une éventuelle punition de la part du principal. En d'autres termes, le princi-

[1] L'équilibre est séparateur lorsque chaque type d'agent signe un contrat spécifique.

[2] Ces auteurs présentent un cadre de sélection adverse suivi d'aléa moral avec équilibre séparateur (pp. 269-276). Notons cependant qu'ils n'excluent pas qu'un cadre d'analyse de ce type puisse conduire à un équilibre mélangeant.

[3] L'équilibre est mélangeant lorsque tous les agents, quel que soit leur type, signent le même contrat.

pal peut profiter de l'existence des fonds propres de l'agent. Nous montrons que, dans l'équilibre séparateur de ce premier modèle, plus l'agent est talentueux et plus il est susceptible d'accepter de supporter une pénalité importante en cas d'échec du projet, et ce, afin de pouvoir prétendre à une rémunération d'autant plus importante en cas de succès. Nous retrouvons le résultat, initialement obtenu par Laffont et Tirole (1986)[4], selon lequel la présence d'aléa moral n'introduit pas de perte d'efficacité par rapport à une situation de pure sélection adverse, en raison de la neutralité au risque de l'agent. Dans le second cas, la législation limite la responsabilité de l'agent, ce dernier ne pouvant pas recevoir une rémunération négative du principal qui le forcerait à puiser dans ses fonds propres. Les niveaux de rémunération mélangeants dans ce second modèle ne permettent pas au principal de discriminer entre les différents types de l'agent. Proposer des niveaux de rémunération indépendants du talent de l'agent permet au principal de diminuer la rémunération des individus les plus talentueux en cas de succès du projet afin d'assurer l'absence de pénalité en cas d'échec. La probabilité d'échec du projet étant une fonction décroissante du talent de l'agent, ce sont les agents les plus talentueux qui subventionnent les individus les moins talentueux afin d'assurer la responsabilité limitée de tous. Dans ce cas, plus l'agent est talentueux et plus il diminue son niveau d'effort de réalisation du projet par rapport à une situation sans limite de responsabilité. Par conséquent, imposer une contrainte de responsabilité limitée sur le niveau de rémunération d'un salarié disposant de suffisamment de fonds propres pour supporter une punition de la part de son employeur en cas de dommages causés à la production, peut nuire aux individus les plus productifs.[5]

Cet article est organisé comme suit. Le modèle est décrit en section 2. Les caractéristiques des équilibres en fonction du degré de responsabilité de l'agent sont analysées en section 3. La section 4 explique l'effet pervers de la présence d'une réglementation limitant la responsabilité de l'agent dans un équilibre mélangeant. La section 5 conclut.

2 Le modèle

Le cadre d'analyse du modèle servant de base à l'étude de l'impact de l'introduction d'une contrainte de responsabilité limitée est présenté dans un premier temps. Le problème du principal est ensuite formulé selon le degré de responsabilité de l'agent.

[4] Ce résultat a par la suite été développé par Picard (1987) et Caillaud et al. (1992), entre autres.

[5] Ce résultat peut être mis en parallèle avec la littérature portant sur le marché du crédit qui met en évidence le fait qu'une banque peut identifier les emprunteurs les plus risqués dans la mesure où ce sont eux qui acceptent de payer le taux d'intérêt le plus élevé, leur probabilité de remboursement du prêt étant faible (Stiglitz et Weiss, 1981). Dans notre cadre d'analyse, le salarié, lorsqu'il est plus talentueux, préfère ne pas être protégé par une réglementation limitant sa responsabilité pécuniaire, la probabilité d'échec du projet, qui implique une pénalité croissante avec le talent, étant faible.

2.1 Le cadre d'analyse

L'interaction entre le principal et l'agent est organisée de la façon suivante. Le jeu débute avec l'observation privée par l'agent de son talent θ à choisir un projet. Le principal propose ensuite à l'agent un contrat lui donnant l'opportunité de participer à la production d'un niveau de performance $y \in Y$. Le niveau de performance est observable publiquement et déterminé par une fonction $y = q(\theta, e, \epsilon)$ avec trois facteurs de production : le talent de l'agent $\theta \in \Theta$ avec $\Theta = [\underline{\theta}, \overline{\theta}]$ et $\underline{\theta} < \overline{\theta}$; un niveau d'effort $e \in E$ fourni par l'agent pour réaliser le projet choisi, avec $E = [\underline{e}, \overline{e}]$ et $\underline{e} < \overline{e}$; et, un choc aléatoire de productivité ϵ. Aucun de ces facteurs de production n'est observable par le principal ce qui justifie du contexte d'agence généralisée. De plus, pour simplifier, supposons un ensemble de niveaux de performance discret à deux états[6] : $Y = \{\underline{y}, \overline{y}\}$ avec $\underline{y} < \overline{y}$. L'agent choisit ou non d'accepter l'offre du principal. En cas de refus, il atteint son utilité de réserve, normalisée à zéro. En cas d'acceptation, il choisit une rémunération possible dans le menu[7] proposé par le principal et décide de son niveau d'effort. Finalement la nature choisit un choc aléatoire de productivité. Le contrat se dénoue par la réalisation du paiement, $w \in W$, par le principal à l'agent.

La fonction d'utilité du principal, supposé neutre au risque, est telle que $u^P(y) = y$. L'agent est supposé neutre au risque[8]; sa fonction d'utilité est telle que $u^A(w, e) = w - g(e)$, avec $g(e)$ sa désutilité à fournir un niveau d'effort e. Ce coût monétaire de l'effort est supposé croissant et convexe en e, i.e. $g_e \geqslant 0$ et $g_{ee} \geqslant 0$, où l'indice représente la dérivée partielle. L'agent dispose de suffisamment de fonds propres pour supporter toute punition imposée par le principal. L'existence de fonds propres détenus par l'agent peut être interprétée comme une épargne résultant, par exemple, de sa participation antérieure à des contrats financiers qu'il a pu signer dans le passé. Nous supposons que le principal est informé de l'existence de ces fonds propres, ce qui implique, par exemple, que l'agent constitue des garanties au moment de la signature du contrat, sans supporter de coût. Ainsi, l'agent peut supporter financièrement toute punition de la part du principal en cas de réalisation d'un niveau de performance faible.

Le rôle de l'incertitude est double. En effet, la nature joue, dans un premier temps, au début du jeu en sélectionnant le talent θ de l'agent à choisir un projet (justifiant le contexte de sélection adverse), puis, dans un second temps, en sélectionnant un choc aléatoire de productivité ϵ, après le choix par l'agent d'un niveau d'effort de réalisation du projet (justifiant du contexte d'aléa moral). Ces deux types d'incertitude sont respectivement pris en compte par la fonction de densité $f(\theta)$, qui reflète les croyances des

---

6 Supposer un ensemble de niveaux de performance Y discret et des ensembles de facteurs de production Θ et E continus permet de simplifier la résolution des modèles et notamment d'utiliser la procédure de décomposition d'un modèle d'agence généralisée proposée par Faynzilberg et Kumar (2000). Voir Laffont et Martimort (2002) p. 194 pour un cadre similaire en aléa moral pur.

7 Voir section 2.2.

8 L'hypothèse de la neutralité au risque de l'agent simplifie la résolution des modèles et rend possible l'existence d'une pénalité dans le cas où l'agent n'est pas protégé par une contrainte de responsabilité limitée.

joueurs vis à vis du talent de l'agent, et par $p(e,\theta)$, la probabilité de succès du projet sachant (e,θ), avec $0 \leqslant p(e,\theta) \leqslant 1$, qui indique la vraisemblance de la réalisation d'un niveau de performance élevé $\overline{y}$ sachant (e,θ). Nous supposons qu'un accroissement du niveau d'effort augmente à taux décroissant la probabilité conditionnelle qu'une performance élevée se réalise, i.e. $p_e \geqslant 0$ et $p_{ee} \leqslant 0$. De plus, un θ élevé représente un état de la nature plus productif au sens où la probabilité conditionnelle de succès, $p(e,\theta)$, croît lorsque le talent augmente, i.e. $p_\theta \geqslant 0$. Enfin, la productivité marginale de l'effort augmente avec le talent de l'agent, i.e. $p_{e\theta} \geqslant 0$.

2.2 Le problème du principal

Le principal doit fournir deux types d'incitation à l'agent étant donnée la présence de sélection adverse et d'aléa moral. Ceci suppose de recourir à la version généralisée du « principe de révélation » formulée par Myerson (1982) : le principal peut, sans perte de généralité, restreindre son analyse aux mécanismes directs. Un mécanisme correspond à toute offre $(w(.,.)$, $e^*(.))$ avec $w : Y \times \Theta \to W$ et $e^* : \Theta \to E$. Toute offre $(w(.,.), e^*(.))$ est compatible avec les deux types d'incitation (« incitations généralisées ») si elle permet à la fois la révélation du talent de l'agent (l'agent de talent θ choisit la compensation $w(.,\theta)$) et « l'obéissance » de l'agent au principal (l'agent de talent θ suit l'instruction du principal, à savoir retenir $e = e^*(\theta)$ comme niveau d'effort). Un mécanisme direct est donc une offre compatible avec les incitations généralisées. Étant donnée l'hypothèse d'un ensemble de niveaux de performance à deux états, nous avons $W = \{w(\underline{y},\theta), w(\overline{y},\theta)\}$. Pour simplifier les notations, posons $w(\overline{y},\theta) = \overline{w}(\theta)$ et $w(\underline{y},\theta) = \underline{w}(\theta)$. Ainsi, lorsque l'agent de talent θ annonce au principal son talent comme étant $\tilde{\theta}$, son utilité espérée notée $U(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}), e)$ s'écrit

$$U(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}), e) = p(e,\theta)\overline{w}(\tilde{\theta}) + (1 - p(e,\theta))\underline{w}(\tilde{\theta}) - g(e). \tag{2.1}$$

Lorsque la loi limite la responsabilité de l'agent, le principal ne peut pas proposer à l'agent un contrat tel que sa rémunération puisse éventuellement être négative, quel que soit le type de l'agent, qu'il y ait succès ou échec du projet. Dans ce cas, les fonds propres de l'agent ne sont pas mobilisés. Pour tout $e \in E$, $\theta \in \Theta$ et $\tilde{\theta} \in \Theta$, le problème du principal, noté $[P^{RL}]$, revient à

$$\max_{e(.),w(.,.)} \int_{\underline{\theta}}^{\overline{\theta}} \left\{p(e,\theta)\left(\overline{y} - \overline{w}(\theta)\right) + (1 - p(e,\theta))\left(\underline{y} - \underline{w}(\theta)\right)\right\} f(\theta) d\theta \tag{2.2}$$

s.c.

$$p(e,\theta)\overline{w}(\theta) + (1 - p(e,\theta))\,\underline{w}(\theta) - g(e) \geqslant 0 \tag{2.3}$$

$$w(y,\theta) \geqslant 0,\ \forall y \in \{\underline{y}, \overline{y}\} \tag{2.4}$$

$$e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta})) \in \arg\max_{e \in E} p(e, \theta)\overline{w}(\tilde{\theta}) + (1 - p(e, \theta))\, \underline{w}(\tilde{\theta}) - g(e) \quad (2.5)$$

$$U(\theta, \overline{w}(\theta), \underline{w}(\theta), e^*(\theta)) \geqslant U(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}), e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta})). \quad (2.6)$$

L'expression (2.2) reflète le désir du principal de maximiser son profit espéré.[9] L'inégalité (2.3) est la contrainte de participation qui garantit à l'agent une valeur positive du contrat. L'inégalité (2.4) assure la responsabilité limitée de l'agent sur son niveau de rémunération, quel que soit son talent, qu'il y ait succès ou échec du projet. Les expressions (2.5) et (2.6) représentent les contraintes d'incitations généralisées. En particulier, avec l'expression (2.5), l'agent de talent θ annonçant au principal son talent comme étant $\tilde{\theta}$, choisit le niveau d'effort, noté $e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}))$, qui maximise son utilité espérée. Lorsque $\tilde{\theta} = \theta$, c'est-à-dire lorsque l'agent annonce au principal son véritable talent, ce niveau d'effort est noté $e^*(\theta)$. La contrainte (2.6) assure la révélation du talent de l'agent au principal. En effet, elle implique que l'utilité espérée de l'agent de talent θ qui révèle son talent et suit la recommandation du principal en terme de niveau d'effort est supérieure ou égale à l'utilité espérée qu'il obtiendrait en annonçant son talent comme étant $\tilde{\theta}$ et en fournissant un niveau d'effort $e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}))$, avec $\tilde{\theta} \neq \theta$.

En revanche, dans le cas où la responsabilité de l'agent est illimitée, le principal peut profiter de l'existence des fonds propres de l'agent. Le problème du principal, noté $[P^R]$, est équivalent au problème $[P^{RL}]$, sans la contrainte (2.4). Dans ce cas, aucune réglementation ne limite la responsabilité pécuniaire de l'agent envers le principal.

3 Caractérisation des solutions

L'analyse du problème de sélection adverse et d'aléa moral est réalisée selon la procédure de décomposition proposée par Faynzilberg et Kumar (1997, 2000). Cette procédure étant appliquée à un agent averse au risque, nous la spécifions ici au cas d'un agent neutre au risque pouvant être protégé par une contrainte de responsabilité limitée sur son niveau de rémunération. Ces auteurs montrent que le contrat optimal peut être obtenu à partir d'une séquence de deux problèmes de prise de décision. Dans un premier temps, le principal réalise une optimisation « conditionnelle »; il choisit un contrat incitatif (« contrat optimal ex-ante ») conditionné par chaque niveau d'utilité indirecte espérée de l'agent. L'utilité indirecte espérée de l'agent, notée $V(\theta)$, prend en compte les contraintes d'incitations généralisées (2.5) et (2.6). Le niveau d'effort et les niveaux de rémunération sont donc optimaux ex-ante au sens où ils sont compatibles avec les incitations généralisées.

[9] Le principal supporte à la fois l'incertitude portant sur le talent de l'agent, mais aussi l'incertitude liée au choc aléatoire de productivité choisi par la nature après le choix par l'agent d'un niveau d'effort de réalisation du projet. Ces deux types d'incertitude sont respectivement pris en compte, dans (2.2), par $f(\theta)$ et $p(e, \theta)$.

Ainsi, le principal effectue une « pré-allocation » en fonction de l'utilité indirecte espérée de l'agent, qui est exogène dans cette première étape. Dans un second temps, sachant le contrat optimal ex-ante, il sélectionne un niveau optimal d'utilité indirecte espérée de l'agent, sous la contrainte de participation de l'agent dans le cas du problème $[P^R]$ et sous la contrainte de responsabilité limitée dans le cas du problème $[P^{RL}]$. Dans cette seconde étape, l'utilité indirecte espérée de l'agent devient donc endogène.[10]

3.1 Contrat optimal ex-ante

Le contrat optimal ex-ante, c'est-à-dire le niveau d'effort optimal ex-ante, noté $e^*(\theta)$, et les niveaux de rémunération optimaux ex-ante en cas d'échec et de succès du projet, respectivement notés $\underline{w}^*(\theta)$ et $\overline{w}^*(\theta)$, est formulé sous l'hypothèse de la validité de l'approche du premier ordre dans le lemme 1.

Lemme 1 *Le contrat optimal ex-ante, fonction de l'utilité indirecte espérée de l'agent, compatible avec les incitations généralisées, impose, pour tout* $\theta \in \Theta$ *:*

(i) $e^*(\theta)$ *est tel que* $h(\theta) = p_\theta(.,\theta)\,[g_e(e)/p_e(e,\theta)]$,

(ii) $\underline{w}^*(\theta) = V(\theta) + g(e^*(\theta)) - p(e^*(\theta),\theta)\,[g_e(e^*(\theta))/p_e(e^*(\theta),\theta)]$ *et*

(iii) $\overline{w}^*(\theta) = V(\theta) + g(e^*(\theta)) - [p(e^*(\theta),\theta) - 1]\,[g_e(e^*(\theta))/p_e(e^*(\theta),\theta)]$,

avec $V(\theta)$ *l'utilité indirecte espérée de l'agent et* $h(\theta) = V'(\theta)$.

Preuve Annexe A.

Le contrat optimal ex-ante, fonction de l'utilité indirecte espérée de l'agent, est la solution d'un système composé par les contraintes d'incitations généralisées (2.5) et (2.6). Il est donc le même quel que soit le niveau de responsabilité de l'agent.

Cependant, il n'est vérifié que sous l'hypothèse de la validité de l'approche du premier ordre dans ce cadre d'agence généralisée. Rappelons que l'approche du premier ordre consiste à remplacer les contraintes incitatives issues du problème de maximisation de l'agent, par les conditions nécessaires et garantir sa validité nécessite un certain nombre de restrictions[11]. Le lemme 2 met en évidence les implications de la validité de l'approche du premier ordre sachant le contrat optimal ex-ante.

Lemme 2 *La validité de l'approche du premier ordre dans le cadre d'agence généralisée implique un niveau de rémunération décroissant ou indépendant du talent de l'agent en cas d'échec du projet et croissant ou indépendant en cas de succès.*

Preuve Annexe B.

[10] Il suffit donc de substituer ce niveau endogène d'utilité indirecte espérée de l'agent au sein du contrat optimal ex-ante, pour obtenir le contrat proposé à l'équilibre.

[11] Ces restrictions permettent de s'assurer de la concavité globale de la fonction d'utilité espérée de l'agent par rapport au choix du niveau d'effort de l'agent et par rapport à l'annonce de son type.

Que l'agent soit ou non protégé par une contrainte de responsabilité limitée, nous connaissons ex-ante le comportement des niveaux de rémunération vis à vis du talent de l'agent[12], afin qu'à l'équilibre, les offres correspondant aux problèmes $[P^R]$ et $[P^{RL}]$ soient implémentables. Lorsque l'équilibre est séparateur, la rémunération en cas de succès du projet est nécessairement une fonction croissante du talent de l'agent. La rémunération en cas d'échec est, quant à elle, décroissante du talent. Ainsi, plus l'agent est talentueux, et plus il est susceptible d'accepter un niveau de rémunération faible en cas d'échec du projet, et ce, afin de pouvoir prétendre à une rémunération d'autant plus importante en cas de succès. En effet, un agent plus talentueux voit la probabilité conditionnelle d'occurrence d'un niveau de performance élevé, et donc la probabilité d'obtenir un niveau de rémunération $\overline{w}(\theta)$, augmenter. Des niveaux de rémunération indépendants du talent de l'agent sont aussi compatibles avec la validité de l'approche du premier ordre. Dans ce cas, le principal ne peut pas utiliser le schéma de compensation pour discriminer entre les différents types de l'agent.

3.2 Caractéristiques de la solution de $[P^R]$

Lorsque l'agent n'est protégé par aucune contrainte de responsabilité limitée, le principal peut profiter des fonds propres de l'agent en lui proposant une rémunération négative. Le principal maximise son profit espéré (2.2), récrit avec le contrat optimal ex-ante (lemme 1), sous la contrainte de participation de l'agent (2.3) optimale ex-ante[13]

$$\max_{V(\theta)} \int_{\underline{\theta}}^{\overline{\theta}} \left\{p\left(e^*(\theta), \theta\right)\left(\overline{y}-\underline{y}\right) - V(\theta) - g\left(e^*(\theta)\right) + \underline{y}\right\} f(\theta) d\theta$$

s.c., pour tout $\theta \in \Theta$

$$V(\theta) \geqslant 0$$
$$h(\theta) = p_\theta(.,\theta)\left(\frac{g_e(e^*(\theta))}{p_e(e^*(\theta),\theta)}\right).$$

Ce programme de maximisation correspond à la seconde étape de la procédure de décomposition d'un problème d'agence généralisée proposée par Faynzilberg et Kumar (2000) et permet de mettre en évidence les caractéristiques du contrat proposé à l'équilibre dans le cadre du problème $[P^R]$.

[12] Nous remercions un rapporteur anonyme pour avoir suggéré d'intégrer cette analyse.

[13] Le programme de maximisation du principal correspond donc à l'expression (2.2), sous les contraintes (2.3), (2.5) et (2.6). Les contraintes d'incitations généralisées (2.5) et (2.6) sont prises en compte par le contrat optimal ex-ante donné par le lemme 1. Ainsi, il suffit de substituer, dans (2.2), e par $e^*(\theta)$, $\underline{w}(\theta)$ par $\underline{w}^*(\theta)$ et $\overline{w}(\theta)$ par $\overline{w}^*(\theta)$, donnés par le lemme 1, afin que l'expression à maximiser par le principal prenne en compte les contraintes (2.5) et (2.6). Il en est de même pour la contrainte de participation de l'agent (2.3) qui, après substitution, devient $V(\theta) \geqslant 0$. De plus, le contrat optimal ex-ante ne permettant pas d'obtenir une forme directe de $e^*(\theta)$, il est nécessaire d'ajouter une contrainte définissant $e^*(\theta)$.

Proposition 1 *Lorsque le principal fait face à une situation de sélection adverse et d'aléa moral, lorsque l'agent neutre au risque disposant de fonds propres n'est pas protégé par une contrainte de responsabilité limitée, le contrat d'équilibre a les caractéristiques suivantes : (i) l'effort de l'agent le plus talentueux correspond à celui de premier rang et tous les autres types fournissent un niveau d'effort inefficace; (ii) tous les types, excepté le moins talentueux, reçoivent une rente informationnelle positive et (iii) la rémunération de l'agent, en cas d'échec du projet, est négative ou nulle, quel que soit son type lorsque, pour l'agent le moins talentueux, l'élasticité de la probabilité conditionnelle de succès par rapport au niveau d'effort, est inférieure à l'élasticité de la désutilité à fournir ce niveau d'effort.*

Preuve Annexe C.

Si, pour $\theta = \underline{\theta}$, l'impact d'une variation du niveau d'effort sur la probabilité conditionnelle de succès est inférieur ou égal à l'impact de la même variation sur la désutilité à l'effort, alors, l'agent disposant de fonds propres reçoit une rémunération négative en cas de d'échec du projet lorsque la législation ne limite pas sa responsabilité. Cela revient pour l'agent à puiser, en fin de compte, dans ses fonds propres pour rémunérer le principal. De plus, avec le lemme 2, nous savons que la validité de l'approche du premier ordre implique que cette pénalité augmente avec le talent de l'agent (lemme 2). Nous retrouvons ainsi le résultat standard selon lequel la neutralité au risque de l'agent, qui rend possible la pénalité, permet au principal de conserver l'écart de rémunération entre un niveau faible et un niveau élevé de performance, malgré la présence d'aléa moral. Cette possibilité, pour le principal, de s'emparer des fonds propres de l'agent incite ce dernier à fournir le niveau d'effort correspondant à un cadre de pure sélection adverse pour se prémunir contre une performance faible qui impliquerait la réalisation de la pénalité. L'hypothèse de neutralité au risque de l'agent rend donc le problème d'aléa moral trivial dans le cadre d'agence généralisée du problème $[P^R]$.

3.3 Caractéristiques de la solution de $[P^{RL}]$

Dans le cadre du problème $[P^{RL}]$, la législation protège l'agent disposant de fonds propres contre une punition du principal en cas de succès ou d'échec du projet, quel que soit le talent de l'agent. Le programme du principal intègre donc la contrainte (2.4). Supposons que l'élasticité de la probabilité conditionnelle de succès par rapport au niveau d'effort, est inférieure à l'élasticité de la désutilité à fournir ce niveau d'effort lorsque $\theta = \underline{\theta}$. Par conséquent, lorsque l'agent n'est pas protégé par une contrainte de responsabilité limitée, sa rémunération en cas d'échec du projet est négative ou nulle quel que soit son talent (proposition 1 (iii)). Ainsi, dans le cas de responsabilité limitée de l'agent, la contrainte (2.4) est saturée en cas d'échec, quel que soit le talent de l'agent. Les conséquences de la saturation de la contrainte de responsabilité limitée sont énoncées dans la proposition 2.

Proposition 2 *Lorsque le principal fait face à une situation de sélection adverse et d'aléa moral, lorsque l'agent neutre au risque disposant de fonds propres est protégé par une contrainte de responsabilité limitée sur son niveau de rémunération, saturée en cas d'échec du projet, (i) les niveaux de rémunération d'équilibre sont nécessairement indépendants du talent de l'agent, et (ii) le niveau d'effort à l'équilibre est indépendant du talent de l'agent uniquement lorsqu'une augmentation du talent n'influence pas la productivité marginale de l'effort.*

Preuve Annexe D.

Protéger l'agent contre toute punition de la part du principal consiste à saturer la contrainte de responsabilité limitée en cas d'échec du projet quel que soit le talent de l'agent. Alors que le principal dispose à la fois du bâton et de la carotte pour inciter l'agent à l'effort dans le cadre du problème $[P^R]$, la seule façon d'inciter l'agent protégé par une contrainte de responsabilité limitée, saturée en cas d'échec du projet, est d'accroître sa rémunération en cas de succès, ce qui est coûteux du point de vue du principal. Ce coût supporté par le principal constitue la rente de responsabilité limitée de l'agent. Comme le soulignent Laffont et Martimort (2002), la présence d'une réglementation limitant la responsabilité de l'agent fait donc apparaître des distorsions dues à la présence d'aléa moral, malgré la neutralité au risque de l'agent. Cependant, dans notre cadre d'analyse, le fait que la rémunération de l'agent en cas d'échec du projet soit indépendante de son talent induit une rémunération en cas de succès indépendante du talent. En effet, ce schéma de compensation permet au principal de diminuer la rémunération des agents les plus talentueux en cas de succès et de s'assurer ainsi de l'absence de pénalité en cas d'échec. Les niveaux de rémunération proposés à l'agent dont la responsabilité est limitée, sont mélangeants[14], contrairement au cadre d'analyse proposé par Laffont et Martimort (2002). Par conséquent, la rente de l'agent n'est pas la simple addition de sa rente de responsabilité limitée et de sa rente informationnelle. De même, la distorsion sur le niveau d'effort de l'agent n'est pas l'addition des distorsions dues à la sélection adverse et à l'aléa moral.

En revanche, il n'est pas évident que le niveau d'effort fourni par l'agent à l'équilibre soit indépendant de son talent. Ce n'est le cas uniquement lorsqu'une augmentation du talent de l'agent n'influence pas la productivité marginale de l'effort, i.e. lorsque $p_{e\theta} = 0$. Par conséquent, bien qu'une augmentation du talent de l'agent n'ait aucun impact sur les niveaux de rémunération, elle permet, lorsque $p_{e\theta} > 0$, d'augmenter la productivité marginale de l'effort; l'agent a donc intérêt, dans ce cas, à accroître son niveau d'effort de réalisation du projet lorsqu'il est plus talentueux pour sélectionner le projet.

[14] Notons que ce schéma de compensation est compatible avec la validité de l'approche du premier ordre (lemme 2).

4 Un effet pervers de la responsabilité limitée

Le lemme 2 montre que la validité de l'approche du premier ordre dans le cadre d'agence généralisée est compatible avec un niveau de rémunération strictement décroissant ou indépendant du talent de l'agent en cas d'échec du projet et strictement croissant ou indépendant du talent en cas de succès, quel que soit le niveau de responsabilité de l'agent. Ainsi, l'absence de responsabilité limitée de l'agent donne l'opportunité au principal de proposer des niveaux de rémunération différents aux différents types d'agent (proposition 1). En revanche, limiter la responsabilité de l'agent rend les niveaux de rémunération d'équilibre mélangeants (proposition 2), quelle que soit la spécification retenue pour la probabilité conditionnelle de succès, lorsque la contrainte de responsabilité limitée est saturée en cas d'échec du projet.

Les conséquences pour l'agent sont illustrées par deux exemples considérant deux types de spécification sur la probabilité conditionnelle de succès. Le premier suppose une probabilité conditionnelle de succès additivement séparable en effort et en type. Une forme multiplicative est retenue dans un second exemple afin de prendre en compte l'impact d'une augmentation du talent de l'agent sur la productivité marginale de l'effort. Nous détaillons, dans un second temps, le mécanisme conduisant à un effet pervers de la présence d'une réglementation limitant la responsabilité du salarié, quel que soit son talent.

4.1 Exemples illustratifs

Soit $p_1(e,\theta) = \theta + e$ avec $E = [0, 1/2]$ et $\Theta = [0, 1/2]$ et $p_2(e,\theta) = e\sqrt{\theta}$ avec $E = [0,1]$ et $\Theta = [0,1]$. Pour ces deux exemples, notons $g(e) = e^2$ et supposons que θ suit une loi uniforme sur Θ. De plus, posons $Y = \{0, 1\}$ pour simplifier et pour s'assurer qu'à l'équilibre, $0 \leqslant p(e,\theta) \leqslant 1$, quelle que soit la situation envisagée.[15] Les spécifications retenues permettent de vérifier ex-ante la concavité locale et globale de la fonction d'utilité espérée de l'agent par rapport à son effort, définie respectivement par les conditions (A.4) et (B.1), ainsi que la saturation de la contrainte de responsabilité limitée en cas d'échec du projet, assurée par la condition (C.2). Notons que la linéarité, notamment en e, des spécifications proposées pour $p(e,\theta)$ est sans perte de généralité, les seuls impératifs étant de vérifier, ex-post, la concavité locale et globale de la fonction d'utilité indirecte espérée de l'agent par rapport à l'annonce de son talent, définie respectivement par les expressions (A.11) et (B.4).

Exemple 1. Considérons, dans un premier temps, le cas de la probabilité conditionnelle de succès additive, i.e, $p_1(e,\theta) = \theta + e$. Le contrat opti-

[15] En outre, supposer $\underline{y} = 0$ permet de s'assurer que le principal a intérêt à faire participer l'agent au contrat, quel que soit son talent. Notons, de façon plus générale, qu'une politique de "shutdown" n'est jamais valable lorsque $\underline{y} \geqslant 0$. Nous remercions un rapporteur anonyme pour avoir soulevé cette question.

mal ex-ante, donné par le lemme 1, est tel que $e_1^*(\theta) = h_1(\theta)/2$, $\underline{w}_1^*(\theta) = V_1(\theta) - [h_1(\theta)/2]^2 - \theta h_1(\theta)$ et $\overline{w}_1^*(\theta) = V_1(\theta) - [h_1(\theta)/2]^2 - h_1(\theta)(\theta - 1)$. Lorsque l'agent n'est pas protégé par une contrainte de responsabilité limitée, le niveau d'effort à l'équilibre est donné par l'équation (C.1). Il est tel que $e_1^R(\theta) = \theta$. La substitution de cette expression dans $e_1^*(\theta)$ permet de trouver $h_1^R(\theta) = 2\theta$ et donc $V_1^R(\theta) = \theta^2$. Les niveaux de rémunération à l'équilibre sont obtenus en substituant ces deux expressions dans $\underline{w}_1^*(\theta)$ et $\overline{w}_1^*(\theta)$. Il vient $\underline{w}_1^R(\theta) = -2\theta^2$ et $\overline{w}_1^R(\theta) = 2\theta(1-\theta)$. Lorsque la responsabilité de l'agent est limitée, la contrainte de responsabilité limitée est saturée en cas d'échec du projet dans la mesure où $\underline{w}_1^R(\theta) \leqslant 0$, $\forall\theta \in \Theta$. Ainsi, avec le contrat optimal ex-ante, il vient $\underline{w}_1^* = 0$, i.e. $V_1(\theta) - [h_1(\theta)/2]^2 - \theta h_1(\theta) = 0$. Avec $h(\theta) = V'(\theta)$, la solution de cette équation différentielle est $V_1(\theta) = c(2\theta + c)$ et $h_1 = 2c$, avec c une constante à déterminer. La substitution de ces valeurs dans le contrat optimal ex-ante, i.e. $e_1^* = c$, $\underline{w}_1^* = 0$ et $\overline{w}_1^* = 2c$, permet de récrire la fonction de profit espéré du principal qui prend donc en compte les contraintes d'incitations généralisées et la contrainte de responsabilité limitée de l'agent. Le programme de maximisation du principal devient

$$\max_c \; 2\int_0^{1/2} \{(\theta + c)(1 - 2c) + \underline{y}\}\, d\theta \Leftrightarrow \max_c \left\{\frac{c(1-4c)}{2} + \frac{1}{4} + \underline{y}\right\}.$$

Il vient $c = 1/8$. La substitution de cette valeur de c dans le contrat optimal ex-ante prenant en compte la contrainte de responsabilité limitée permet de trouver le contrat proposé à l'équilibre en cas de responsabilité limitée de l'agent, i.e. $e_1^{RL} = 1/8$, $\underline{w}_1^{RL} = 0$ et $\overline{w}_1^{RL} = 1/4$. De plus, $V_1^{RL}(\theta) = \theta/4 + 1/64$ et $h_1^{RL} = 1/4$. La limite de responsabilité nuit à l'agent lorsque $V_1^R(\theta) > V_1^{RL}(\theta)$, c'est-à-dire, dans l'exemple 1, lorsque $\theta > (1 + \sqrt{2})/8$.

Exemple 2. Lorsque la probabilité conditionnelle de succès est de forme multiplicative, i.e., $p_2(e,\theta) = e\sqrt{\theta}$, le contrat optimal ex-ante, donné par le lemme 1, est tel que $e_2^*(\theta) = \sqrt{\theta h_2(\theta)}$, $\underline{w}_2^*(\theta) = V_2(\theta) - \theta h_2(\theta)$ et $\overline{w}_2^*(\theta) = V_2(\theta) - \theta h_2(\theta) + 2\sqrt{h_2(\theta)}$. Sans limite de responsabilité, le niveau d'effort à l'équilibre, donné par (C.1), est tel que $e_2^R(\theta) = (\theta\sqrt{\theta})/2$. Avec $e_2^*(\theta)$, il vient $h_2^R(\theta) = (\theta/2)^2$ et donc $V_2^R(\theta) = \theta^3/12$. La substitution de ces expressions dans $\underline{w}_2^*(\theta)$ et $\overline{w}_2^*(\theta)$ permet de trouver $\underline{w}_2^R(\theta) = -\theta^3/6$ et $\overline{w}_2^R(\theta) = \theta - \theta^3/6$. Lorsque la responsabilité de l'agent est limitée, la contrainte de responsabilité limitée est saturée en cas d'échec car $\underline{w}_2^R(\theta) \leqslant 0$, $\forall\theta \in \Theta$. Ainsi, à l'équilibre, $V_2(\theta) - \theta h_2(\theta) = 0$. La solution de cette équation différentielle est $V_2(\theta) = c\theta$ et $h_2 = c$ et permet de récrire le contrat optimal ex-ante, i.e. $e_2^*(\theta) = \sqrt{c\theta}$, $\underline{w}_2^* = 0$, $\overline{w}_2^* = 2\sqrt{c}$, et donc le programme de maximisation du principal tel que

$$\max_c \int_0^1 \{\theta\sqrt{c} - 2c\theta + \underline{y}\}\, d\theta \Leftrightarrow \max_c \left\{\frac{\sqrt{c}}{2} - c + \underline{y}\right\}.$$

Il vient $c = 1/16$. Ainsi, le contrat à l'équilibre est tel que $e_2^{RL} = \sqrt{\theta}/4$, $\underline{w}_2^{RL} = 0$ et $\overline{w}_2^{RL} = 1/2$. De plus, $V_2^{RL}(\theta) = \theta/16$ et $h_2^{RL} = 1/16$. La limite de responsabilité nuit à l'agent lorsque $V_2^R(\theta) > V_2^{RL}(\theta)$, c'est à dire, lorsque $\theta > \sqrt{3}/2$.

Lorsque l'agent est responsable sur ses fonds propres, les contrats proposés à l'équilibre dans les exemples 1 et 2 sont implémentables. En effet, la concavité locale et globale de la fonction d'utilité espérée de l'agent par rapport à l'annonce de son talent est vérifiée ex-post respectivement par les conditions (A.11) et (B.4).[16] Notons que ces expressions sont des inégalités strictes, ce qui assure la séparation des équilibres dans le cadre du problème $[P^R]$. Le niveau d'effort à l'équilibre est une fonction croissante du talent et le niveau d'effort de l'agent le plus talentueux correspond à celui de premier rang (proposition 1 (i)). De plus, le niveau de rémunération en cas d'échec du projet est négatif pour les raisons énoncées dans la proposition 1 (iii). Dans les exemples 1 et 2, lorsque la responsabilité de l'agent est limitée, nous savons ex-ante que les contrats proposés à l'équilibre sont implémentables du fait de la saturation de la contrainte de responsabilité limitée en cas d'échec du projet. En effet, dans la mesure où, à l'équilibre, le niveau de rémunération de l'agent en cas d'échec du projet est nul, les conditions (A.11) et (B.4) sont vérifiées et saturées. La saturation de la contrainte de responsabilité limitée en cas d'échec du projet rend la rémunération en cas de succès indépendante du talent de l'agent (proposition 2 (i)). En revanche, le niveau d'effort à l'équilibre est indépendant du talent de l'agent dans l'exemple 1 contrairement à l'exemple 2. Ce résultat illustre le fait qu'il n'est pas évident que le niveau d'effort soit indépendant du talent de l'agent même lorsque les niveaux de rémunération à l'équilibre sont mélangeants (proposition 2 (ii)).

4.2 Les implications pour le salarié de sa responsabilité limitée

Le problème d'agence généralisée avec neutralité au risque et responsabilité illimitée de l'agent permet la révélation du talent dans un équilibre séparateur. L'employeur peut donc discriminer entre les différents types du salarié. Il invite ce dernier à accepter de supporter, en cas d'échec du projet, un niveau de pénalité plus important lorsque son talent à choisir le projet est plus élevé. Or, plus le salarié est talentueux pour choisir le projet et plus il est susceptible d'accepter une pénalité croissante avec son talent en cas d'échec du projet, dans la mesure où cette probabilité d'échec diminue avec son talent. En contrepartie, un niveau de rémunération croissant avec son talent lui est proposé en cas de succès du projet. Ce schéma de compensation conduit les salariés les plus talentueux à accroître leur niveau d'effort de réalisation du projet. Par rapport au premier rang, aucune distorsion n'est introduite sur le niveau d'effort du salarié le plus talentueux. En effet,

[16] Nous laissons au lecteur le soin de vérifier l'implémentabilité des contrats d'équilibre du problème $[P^R]$ dans les exemples 1 et 2. La preuve est disponible sur demande.

un talent plus élevé augmente la probabilité d'occurrence d'un niveau de performance élevé, et donc la probabilité de ne pas obtenir le niveau de pénalité proposé en cas d'échec du projet. Par ailleurs, ce schéma de compensation est d'autant plus incitatif pour les salariés les plus talentueux, qu'en cas de succès du projet, la rémunération obtenue est, elle-même, une fonction croissante du talent.

Imposer dans ce contexte une réglementation limitant la responsabilité pécuniaire du salarié rend les niveaux de rémunération indépendants du talent, qu'il y ait succès ou échec du projet, ce qui implique donc nécessairement une redistribution entre les différents types. L'employeur ne peut pas proposer des niveaux de rémunération permettant de discriminer entre les différents types possibles du salarié. Bien que la probabilité d'obtenir le niveau de rémunération proposé en cas de succès du projet augmente avec le talent du salarié, ce dernier ne peut plus prétendre à ce que ce niveau de rémunération augmente avec son talent. En effet, dans le cas où la réglementation limite la responsabilité du salarié, l'employeur est amené à proposer une rémunération, en cas de succès du projet, indépendante du talent du salarié. Cela lui permet de diminuer la rémunération des salariés les plus talentueux en cas de succès, et de s'assurer ainsi de l'absence de pénalité en cas d'échec. Par conséquent, plus le salarié est talentueux, et plus il diminue son niveau d'effort de réalisation du projet par rapport à une situation sans limite de responsabilité, et ce, qu'une augmentation de son talent ait (exemple 2) ou non (exemple 1) un impact sur la productivité marginale de son effort. La redistribution liée à l'existence d'une réglementation limitant la responsabilité pécuniaire du salarié est donc supportée par les individus les plus talentueux. Ce sont eux, qui subventionnent les salariés les moins talentueux, afin d'assurer la responsabilité limitée de tous. Ainsi, imposer une contrainte de responsabilité limitée sur le niveau de rémunération d'un salarié disposant de suffisamment de fonds propres pour supporter une punition de la part de son employeur en cas de dommages causés à la production, peut nuire aux individus les plus productifs.

5 Conclusion

La législation peut imposer des contraintes sur le niveau de responsabilité des salariés même lorsque ces derniers disposent de suffisamment de fonds propres pour supporter une punition de la part de leur employeur en cas de sinistres grevant la production. Ces restrictions, censées accroître le bien-être de tous les salariés, peuvent engendrer un effet pervers, à savoir que les salariés les plus productifs subventionnent les moins productifs, dans l'équilibre mélangeant du modèle d'agence généralisée.

Cette analyse peut, par exemple, justifier une des spécificités du droit français qui est d'avoir organisé une responsabilité personnelle et pécuniaire des comptables publics[17]. Les comptables publics sont personnellement et pécuniairement responsables du recouvrement des recettes, du paiement des dépenses, de la garde, de la conservation et du maniement des fonds et valeurs appartenant ou confiés à l'État. Avant d'être installés dans leur poste, ils sont tenus de constituer des garanties. Ces garanties représentent les fonds propres du comptable public et sont évidemment de connaissance commune entre l'État et le comptable public. Ainsi, un employeur souhaitant sélectionner à l'embauche les salariés les plus talentueux, peut rendre pécuniairement responsable un salarié qui encaisse des sommes d'argent pour son compte.

Toutefois, il ne s'agit pas de proposer de recommandation concernant les réglementations limitant la responsabilité des salariés[18]. Cette étude a pour seul objectif de mettre en évidence un effet pervers de la responsabilité limitée, touchant les individus les plus talentueux, dans un cadre particulier impliquant des niveaux de rémunérations indépendants du type de l'agent lorsque la responsabilité de l'agent est limitée. Une étude en terme de bien-être social permettrait d'analyser l'efficacité de ce type de réglementation. De plus, il est rare de trouver des individus qui soient égaux du point de vue de la richesse personnelle, et, *a fortiori*, que ce niveau de richesse personnelle soit connu par un employeur. Il serait par conséquent intéressant d'analyser les conséquences pour l'agent de l'existence d'une réglementation limitant la responsabilité, en considérant les fonds propres de l'agent comme une information privée détenue par l'agent.

Annexe A : Preuve du lemme 1

La preuve procède en deux étapes. Dans une première étape, l'objectif est de mettre en évidence les conditions du premier et du second ordre issues des contraintes d'incitations généralisées. Le contrat optimal ex-ante est obtenu dans un second temps à partir des conditions du premier ordre, sous l'hypothèse de la validité de l'approche du premier ordre.

Étape 1. Conditions du premier et du second ordre

La mise en évidence du niveau d'effort choisi par un agent de type θ qui annonce au principal son type comme étant $\tilde{\theta}$ permet d'écrire une fonction d'utilité indirecte espérée de l'agent prenant en compte la contrainte d'incitation (2.5). À partir de cette fonction d'utilité indirecte espérée, il est possible de déterminer les conditions sous lesquelles l'agent a intérêt à révéler son type au principal (2.6).

Conditions du premier et du second ordre sur le niveau d'effort de l'agent

L'agent choisit le niveau d'effort, noté $e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}))$, qui maximise son utilité espérée donnée par (2.1), i.e.

$$e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta})) \in \arg\max_{e \in E} U(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}), e).$$

[17] Loi 63-156 du 23 février 1963.

[18] L'objectif d'un employeur n'est pas nécessairement d'embaucher l'individu le plus talentueux.

Les conditions du premier et du second ordre de ce problème sont respectivement

$$U_e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}), e) = 0 \tag{A.1}$$
$$U_{ee}(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}), e) \leqslant 0. \tag{A.2}$$

Le niveau d'effort, $e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}))$, fourni par un agent de type θ annonçant au principal son type comme étant $\tilde{\theta}$ est obtenu avec l'expression (A.1)

$$p_e(e, \theta)(\overline{w}(\tilde{\theta}) - \underline{w}(\tilde{\theta})) - g_e(e) = 0. \tag{A.3}$$

L'inégalité (A.2), i.e.

$$p_{ee}(e, \theta)(\overline{w}(\tilde{\theta}) - \underline{w}(\tilde{\theta})) - g_{ee}(e) \leqslant 0 \tag{A.4}$$

est satisfaite lorsque $\overline{w}(\tilde{\theta}) - \underline{w}(\tilde{\theta}) \geqslant 0$, dans la mesure où $p_{ee} \leqslant 0$ et $g_{ee} \geqslant 0$.

Fonction d'utilité indirecte espérée de l'agent

La substitution de $e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}))$ donnée par l'expression (A.3) dans la fonction d'utilité espérée d'un agent de type θ qui annonce au principal son type comme étant $\tilde{\theta}$, donnée par (2.1), permet d'obtenir une fonction d'utilité indirecte espérée de l'agent, notée $V(\tilde{\theta}, \theta)$ prenant en compte la contrainte d'incitation (2.5), telle que $V(\tilde{\theta}, \theta) = U(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}), e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta})))$. Ainsi,

$$\begin{aligned} V(\tilde{\theta}, \theta) &= p(e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta})), \theta)\overline{w}(\tilde{\theta}) \\ &\quad + (1 - p(e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta})), \theta))\underline{w}(\tilde{\theta}) - g(e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}))). \end{aligned} \tag{A.5}$$

Conditions du premier et du second ordre sur le type de l'agent

Un agent de type θ choisit l'allocation correspondant à son type (i.e. annonce au principal son type comme étant $\tilde{\theta} = \theta$) si

$$\theta \in \arg\max_{\tilde{\theta} \in \Theta} V(\tilde{\theta}, \theta).$$

Les conditions du premier et du second ordre de ce problème sont respectivement

$$V_{\tilde{\theta}}(\tilde{\theta}, \theta)\,|_{\tilde{\theta}=\theta} = 0 \tag{A.6}$$
$$V_{\tilde{\theta}\tilde{\theta}}(\tilde{\theta}, \theta))\,|_{\tilde{\theta}=\theta} \leqslant 0. \tag{A.7}$$

L'agent de type θ maximise son utilité indirecte espérée par rapport à l'annonce de son type $\tilde{\theta}$. L'objectif du principal étant que l'agent annonce son type comme étant $\tilde{\theta} = \theta$, les conditions $V_{\tilde{\theta}}(\tilde{\theta}, \theta) = 0$ et $V_{\tilde{\theta}\tilde{\theta}}(\tilde{\theta}, \theta) \leqslant 0$ doivent donc être vérifiées lorsque $\tilde{\theta} = \theta$. L'expression (A.6) implique la condition du premier ordre suivante (sachant (A.3))

$$p(e(\theta, \overline{w}(\theta), \underline{w}(\theta)), \theta)(\overline{w}'(\theta) - \underline{w}'(\theta)) + \underline{w}'(\theta) = 0 \tag{A.8}$$

et assure l'optimalité d'une annonce $\tilde{\theta} = \theta$ choisie par un agent de type θ sous l'hypothèse de la validité de l'approche du premier ordre. Or, la dérivée par rapport à θ de la fonction d'utilité indirecte espérée d'un agent de type θ révélant son type au principal, notée $V(\theta)$, avec $V(\theta) = V(\tilde{\theta},\theta)_{|\tilde{\theta}=\theta}$, est telle que (sachant (A.3) évaluée en $\tilde{\theta} = \theta$)

$$V'(\theta) = p_\theta(.,\theta)(\overline{w}(\theta) - \underline{w}(\theta)) + p(e(\theta,\overline{w}(\theta),\underline{w}(\theta)),\theta)(\overline{w}'(\theta) - \underline{w}'(\theta)) + \underline{w}'(\theta).$$

Ainsi, avec (A.8), le théorème de l'enveloppe permet d'écrire la contrainte d'incitation locale sur type de l'agent

$$h(\theta) = p_\theta(.,\theta)(\overline{w}(\theta) - \underline{w}(\theta)), \tag{A.9}$$

avec $h(\theta) = V'(\theta)$. La condition du second ordre sur le type de l'agent (A.7) assure la concavité locale de la fonction d'utilité indirecte espérée de l'agent par rapport à son annonce optimale, qui doit être vérifiée lorsque $\tilde{\theta} = \theta$, i.e.

$$\begin{aligned} &p_e(e(\theta,\overline{w}(\theta),\underline{w}(\theta)),\theta)[e_{\overline{w}}(\theta,\overline{w}(\theta),\underline{w}(\theta))\overline{w}'(\theta) + e_{\underline{w}}(\theta,\overline{w}(\theta),\underline{w}(\theta))\underline{w}'(\theta)] \\ &[\overline{w}'(\theta) - \underline{w}'(\theta)] + p(e(\theta,\overline{w}(\theta),\underline{w}(\theta)),\theta)(\overline{w}''(\theta) - \underline{w}''(\theta)) + \underline{w}''(\theta) \leqslant 0. \end{aligned} \tag{A.10}$$

Or, la dérivée totale par rapport à θ de la condition (A.8), i.e.

$$\begin{aligned} &\{p_e(e(\theta,\overline{w}(\theta),\underline{w}(\theta)),\theta)\left[e_{\overline{w}}(\theta,\overline{w}(\theta),\underline{w}(\theta))\overline{w}'(\theta) + e_{\underline{w}}(\theta,\overline{w}(\theta),\underline{w}(\theta))\underline{w}'(\theta) + e_\theta(\theta,.,.)\right] \\ &+p_\theta(.,\theta)\}\left\{\overline{w}'(\theta) - \underline{w}'(\theta)\right\} + p(e(\theta,\overline{w}(\theta),\underline{w}(\theta)),\theta)(\overline{w}''(\theta) - \underline{w}''(\theta)) + \underline{w}''(\theta) = 0 \end{aligned}$$

permet de récrire la condition du second ordre sur le type de l'agent (A.10) telle que

$$[p_e(e(\theta,\overline{w}(\theta),\underline{w}(\theta)),\theta)e_\theta(\theta,.,.) + p_\theta(.,\theta)]\left[\overline{w}'(\theta) - \underline{w}'(\theta)\right] \geqslant 0. \tag{A.11}$$

Il est nécessaire que l'expression (A.11) soit vérifiée pour que les contraintes des incitations généralisées soient satisfaites. De plus, si l'expression de gauche dans (A.11) est positive (respectivement négative), la condition suffisante est que l'expression de droite dans (A.11) soit positive (respectivement négative). Le signe de l'expression de gauche dans (A.11) correspond donc à une condition de Spence-Mirrlees.

Étape 2. Contrat optimal ex-ante

Le lemme 1 est donné par la résolution du système composé des équations (A.3), (A.5) et (A.9).

(i) L'équation (A.9) assure l'optimalité d'une annonce $\tilde{\theta} = \theta$ choisie par un agent de type θ. Avec (A.9), il vient $\overline{w}(\theta) - \underline{w}(\theta) = h(\theta)/p_\theta(.,\theta)$. L'équation (A.3) donne le niveau d'effort choisi par un agent de type θ annonçant au principal son type comme étant $\tilde{\theta}$. Par conséquent, avec les expressions (A.3) et (A.9), nous obtenons le niveau d'effort optimal ex-ante, noté $e^*(\theta) = e(h(\theta),\theta)$, choisi par un agent de type θ et annonçant $\tilde{\theta} = \theta$ au principal, tel que $h(\theta) = p_\theta(.,\theta)\,[g_e(e)/p_e(e,\theta)]$.

(ii) De même, l'équation (A.5) donne le niveau d'utilité indirecte espérée d'un agent de type θ qui annonce au principal son type comme étant $\tilde{\theta}$. L'expression (A.5) prend en compte le choix par l'agent de son niveau d'effort. Or, avec (A.3), il est vrai que $\overline{w}(\tilde{\theta}) - \underline{w}(\tilde{\theta}) = g_e(e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta})))/p_e(e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta})), \theta)$. Ainsi, l'expression (A.5) peut s'écrire telle que

$$\underline{w}(\tilde{\theta}) = V(\tilde{\theta}, \theta) + g(e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}))) - p(e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta})), \theta) \frac{g_e(e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta})))}{p_e(e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta})), \theta)}. \tag{A.12}$$

Il reste à assurer la révélation du type de l'agent. Or, nous savons que $e^*(\theta)$, défini dans (i), prend en compte la contrainte (A.9) assurant l'optimalité d'une annonce $\tilde{\theta} = \theta$ de l'agent. Par conséquent, il suffit de substituer, dans (A.12), $e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}))$ par $e^*(\theta)$ pour obtenir le niveau de rémunération optimal ex-ante en cas de réalisation de $\underline{y}$, noté $\underline{w}^*(\theta) = \underline{w}(V(\theta), h(\theta), \theta)$, tel que $\underline{w}^*(\theta) = V(\theta) + g(e^*(\theta)) - p(e^*(\theta), \theta)\,[g_e(e^*(\theta))/p_e(e^*(\theta), \theta)]$.

(iii) Avec (A.3), nous obtenons $\overline{w}(\tilde{\theta}) = \underline{w}(\tilde{\theta}) + g_e(e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta})))/p_e(e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta})), \theta)$. Cette expression prend en compte le choix par l'agent de son niveau d'effort. Pour assurer la révélation du type de l'agent, il suffit donc de substituer $e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta}))$ par $e^*(\theta)$ donné par (i) et $\underline{w}(\tilde{\theta})$ par $\underline{w}^*(\theta)$ donné par (ii). Nous obtenons donc le niveau de rémunération optimal ex-ante en cas de réalisation de $\overline{y}$, noté $\overline{w}^*(\theta) = \overline{w}(V(\theta), h(\theta), \theta)$, tel que $\overline{w}^*(\theta) = V(\theta) + g(e^*(\theta)) - [p(e^*(\theta), \theta) - 1]\,[g_e(e^*(\theta))/p_e(e^*(\theta), \theta)]$. □

Annexe B : Preuve du lemme 2

La preuve procède en deux étapes. Premièrement, les conditions assurant la validité de l'approche du premier ordre sont déterminées dans le cadre d'agence généralisée. Deuxièmement, les implications de la validité de l'approche du premier ordre sur le comportement des niveaux de rémunération sont présentées.

Étape 1. Conditions de validité de l'approche du premier ordre

Premièrement, la fonction d'utilité espérée de l'agent est globalement concave par rapport à son niveau d'effort. En effet, avec (A.3), il vient $\overline{w}(\tilde{\theta}) - \underline{w}(\tilde{\theta}) = g_e(e)/p_e(e, \theta)$. La substitution de cette expression dans l'inéquation (A.4), permet de trouver la condition assurant la validité de l'approche du premier ordre dans ce cadre d'aléa moral, i.e.

$$p_{ee}(e, \theta) g_e(e) - p_e(e, \theta) g_{ee}(e) \leqslant 0. \tag{B.1}$$

Or, avec $p_{ee} \leqslant 0$, $g_e \geqslant 0$, $p_e \geqslant 0$ et $g_{ee} \geqslant 0$, la condition (B.1) est satisfaite.

Deuxièmement trouvons la condition sous laquelle l'utilité indirecte espérée de l'agent est globalement concave par rapport à l'annonce de son type, i.e. trouvons la condition permettant de vérifier que l'expression (2.6) est toujours vérifiée. Pour simplifier, introduisons les notations suivantes

$$e(\theta) = e(\theta, \overline{w}(\theta), \underline{w}(\theta)),\ e(\tilde{\theta}) = e(\tilde{\theta}, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta})),\ e(\tilde{\theta}, \theta) = e(\theta, \overline{w}(\tilde{\theta}), \underline{w}(\tilde{\theta})).$$

Raisonnons par l'absurde en déterminant la condition sous laquelle il est impossible que l'expression (2.6) ne soit pas vérifiée. L'expression (2.6) n'est pas vérifiée si $V(\theta) < V(\tilde{\theta}, \theta)$, ou, de façon équivalente si

$$\int_{\theta}^{\tilde{\theta}} V_t(t, \theta) dt > 0. \tag{B.2}$$

L'inégalité (B.2) est toujours fausse (i.e. l'expression (2.6) est toujours vraie) lorsque $\theta > \tilde{\theta}$ (respectivement lorsque $\tilde{\theta} > \theta$) si $V_t(t,\theta) \geqslant 0$ (respectivement si $V_t(t,\theta) \leqslant 0$). En effet, lorsque $\theta > \tilde{\theta}$ et si l'intégrande est positive ou nulle, alors, $\int_\theta^{\tilde{\theta}} V_t(t,\theta)dt \leqslant 0$. De même, lorsque $\tilde{\theta} > \theta$ et si l'intégrande est négative ou nulle, alors, $\int_\theta^{\tilde{\theta}} V_t(t,\theta)dt \leqslant 0$. Nous avons $V_t(t,\theta) = p(e(t,\theta),\theta)(\overline{w}'(t) - \underline{w}'(t)) + \underline{w}'(t)$. Or, avec (A.8), il vient $\underline{w}'(t) = -p(e(t),t)(\overline{w}'(t) - \underline{w}'(t))$. Par conséquent,

$$V_t(t,\theta) = [p(e(t,\theta),\theta) - p(e(t),t)]\left[\overline{w}'(t) - \underline{w}'(t)\right]. \tag{B.3}$$

Cherchons le signe de $[p(e(t,\theta),\theta) - p(e(t),t)]$. Nous savons que $p_\theta(.,\theta) \geqslant 0$. Donc $p(.,\theta) - p(.,t) \geqslant 0$ (respectivement $\leqslant 0$) lorsque $\theta > \tilde{\theta}$ (respectivement lorsque $\tilde{\theta} > \theta$). Nous savons que $p_e(e,.) \geqslant 0$. Étudions donc le signe de $e_\theta(t,\theta) = e_\theta(\theta,\overline{w}(t),\underline{w}(t))$. À l'équilibre, avec (A.3), nous savons que

$$p_e(e(t,\theta),\theta)(\overline{w}(t) - \underline{w}(t)) - g_e(e(t,\theta)) = 0.$$

Avec la dérivée totale de cette expression par rapport à θ, il vient

$$e_\theta(t,\theta) = -\frac{p_{e\theta}(e(t,.),\theta)(\overline{w}(t) - \underline{w}(t))}{p_{ee}(e(t,\theta),\theta)(\overline{w}(t) - \underline{w}(t)) - g_{ee}(e(t,\theta))}.$$

Le dénominateur étant négatif du fait de la condition (A.4), $e_\theta(t,\theta)$ est positif. Donc $e(t,\theta) - e(t) \geqslant 0$ (respectivement $\leqslant 0$) lorsque $\theta > \tilde{\theta}$ (respectivement lorsque $\tilde{\theta} > \theta$). Nous pouvons donc conclure dans (B.3) que $[p(e(t,\theta),\theta) - p(e(t),t)] \geqslant 0$ (respectivement $\leqslant 0$) lorsque $\theta > \tilde{\theta}$ (respectivement lorsque $\tilde{\theta} > \theta$). Ainsi, lorsque $\theta > \tilde{\theta}$ (respectivement lorsque $\tilde{\theta} > \theta$), alors

$$V_t(t,\theta) \geqslant 0 (\leqslant 0) \Leftrightarrow \overline{w}'(t) - \underline{w}'(t) \geqslant 0 (\geqslant 0).$$

Par conséquent, l'inégalité (B.2) n'est jamais vérifiée, que l'on ait $\theta > \tilde{\theta}$ ou $\tilde{\theta} > \theta$ lorsque $\overline{w}'(t) - \underline{w}'(t) \geqslant 0$. Or, avec le contrat optimal ex-ante donné par lemme 1, il vient

$$\begin{aligned} \overline{w}'^*(t) - \underline{w}'^*(t) \geqslant 0 &\Leftrightarrow \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{g_e(e(t))}{p_e(e(t),t)}\right) \geqslant 0 \\ &\Leftrightarrow e'(t) \geqslant \frac{p_{et}(e,t)g_e(e)}{p_e(e,t)g_{ee}(e) - p_{ee}(e,t)g_e(e)}. \end{aligned}$$

La fonction d'utilité espérée de l'agent est donc globalement concave par rapport à une annonce honnête du type par l'agent ($\tilde{\theta} = \theta$) si

$$e'(\theta) \geqslant \frac{p_{e\theta}(e,\theta)g_e(e)}{p_e(e,\theta)g_{ee}(e) - p_{ee}(e,\theta)g_e(e)}. \tag{B.4}$$

En effet, sous la condition (B.4), l'assertion (2.6) ne peut pas être fausse; elle est donc forcément vraie. Notons que la condition suffisante identifiée, (B.4), a la même saveur que la condition permettant une vérification de la validité de l'approche du premier ordre dans un cadre de pure sélection adverse au sens où la dérivée de l'effort par rapport au type doit être bornée.

Étape 2. Implications de la validité de l'approche du premier ordre sur les niveaux de rémunération

Sachant que, avec (A.8), $\underline{w}'(\theta) = -p(e(\theta),\theta)\left[\overline{w}'(\theta) - \underline{w}'(\theta)\right]$ et sachant que la validité de l'approche du premier ordre nécessite $\overline{w}'(\theta) - \underline{w}'(\theta) \geqslant 0$, il vient $\underline{w}'(\theta) \leqslant 0$. De plus, nous avons, avec (A.8), que $\overline{w}'(\theta) = [1/p(e(\theta),\theta)]\,[\underline{w}'(\theta)(p(e(\theta),\theta) - 1)]$. Par conséquent, avec $\underline{w}'(\theta) \leqslant 0$, il est évident que $\overline{w}'(\theta) \geqslant 0$, dans la mesure où $0 \leqslant p(e(\theta),\theta) \leqslant 1$. □

Annexe C : Preuve de la proposition 1

La solution de $[P^R]$ est obtenue à partir du principe de Pontryagin[19]. Avec $e^*(\theta) = e(h(\theta),\theta)$, le hamiltonien est de la forme

$$\begin{aligned} H(h,V,\mu,\theta) &= \left(p\left(e(h(\theta),\theta),\theta\right)\left(\overline{y} - \underline{y}\right) - V(\theta) - g\left(e(h(\theta),\theta)\right) + \underline{y}\right) f(\theta) \\ &\quad + \mu(\theta) p_\theta(.,\theta)\left(\frac{g_e(e(h(\theta),\theta))}{p_e(e(h(\theta),\theta),\theta)}\right), \end{aligned}$$

où μ représente la variable adjointe, V la variable d'état et h la variable de contrôle. Avec le principe de Pontryagin, $\dot{\mu}(\theta) = -\frac{\partial H}{\partial V} = f(\theta)$. Dans la mesure où aucune contrainte[20] n'est imposée sur V en $\overline{\theta}$, $\mu(\overline{\theta}) = 0$. Par conséquent, $\mu(\theta) = F(\theta) - 1$. À l'équilibre, le niveau d'effort du problème $[P^R]$ est obtenu en maximisant le hamiltonien par rapport à h et en insérant la valeur de $\mu(\theta)$. $e^R(\theta)$ est tel que

$$p_e(\overline{y} - \underline{y}) = g_e + \frac{1 - F(\theta)}{f(\theta)} \frac{p_e p_{e\theta} g_e + p_\theta(g_{ee} p_e - g_e p_{ee})}{p_e^2}. \tag{C.1}$$

(i) Avec (C.1), le niveau d'effort fourni par l'agent le plus talentueux[21] est tel que le bénéfice marginal d'une augmentation infinitésimale de l'effort est égal à la désutilité marginale due à cette augmentation, i.e. $p_e(\overline{y} - \underline{y}) = g_e$. Il correspond donc à l'effort de premier rang. Tous les autres types fournissent un niveau d'effort inefficace dans la mesure où, avec (B.4), $e'(\theta) \geqslant [p_{e\theta} g_e]/[p_e g_{ee} - p_{ee} g_e] \geqslant 0$.

(ii) Tous les types, excepté le moins talentueux, reçoivent une rente informationnelle positive avec $V^R(\theta) = \int_{\underline{\theta}}^{\theta} h^R(t)dt$ et $h^R(\theta) \geqslant 0$.

(iii) La condition sous laquelle $\underline{w}^R(\theta) \leqslant 0$, $\forall\theta \in \Theta$, est la même que celle assurant $\underline{w}^R(\underline{\theta}) \leqslant 0$ dans la mesure où la validité de l'approche du premier ordre implique $\underline{w}'(\theta) \leqslant 0$ à l'équilibre (lemme 2). Avec le contrat optimal ex-ante (lemme 1) et sachant que $V^R(\underline{\theta}) = 0$, il vient

$$\begin{aligned} \underline{w}^R(\underline{\theta}) \leqslant 0 &\Leftrightarrow \frac{p_e(e^R(\underline{\theta}),\underline{\theta})}{p(e^R(\underline{\theta}),\underline{\theta})} \leqslant \frac{g_e(e^R(\underline{\theta}))}{g(e^R(\underline{\theta}))} \\ &\Leftrightarrow p_e(e^R(\underline{\theta}),\underline{\theta}) \frac{e^R(\underline{\theta})}{p(e^R(\underline{\theta}),\underline{\theta})} \leqslant g_e(e^R(\underline{\theta})) \frac{e^R(\underline{\theta})}{g(e^R(\underline{\theta}))}, \end{aligned} \tag{C.2}$$

---

19 Voir Seierstad et Sydsæter (1987).

20 $V'(\theta) = h(\theta) = p_\theta \frac{g_e}{p_e} \geqslant 0$.

21 Lorsque $\theta = \overline{\theta}$ alors $F(\theta) = 1$.

i.e. à l'équilibre, l'agent est puni en cas d'échec du projet lorsque, pour $\theta = \underline{\theta}$, l'élasticité de la probabilité de succès par rapport au niveau d'effort, est inférieure à l'élasticité de la désutilité à fournir ce niveau d'effort. Notons que cette condition dépend de la normalisation à zéro de l'utilité de réserve de l'agent. □

Annexe D : Preuve de la proposition 2

(i) Supposons que pour $\theta = \underline{\theta}$, l'élasticité de la probabilité de succès par rapport au niveau d'effort, est inférieure à l'élasticité de la désutilité à fournir ce niveau d'effort. Nous savons, avec la proposition 1 (iii), que lorsque l'agent n'est pas protégé par une contrainte de responsabilité limitée sur son niveau de rémunération (i.e. lorsque la contrainte (2.4) n'est pas prise en compte), alors, $\forall \theta \in \Theta$, $\underline{w}^R(\theta) \leqslant 0$. Par conséquent, la contrainte (2.4) est saturée à l'équilibre dans le cadre du problème $[P^{RL}]$. Lorsque $\underline{w}^{RL} = 0$, alors, avec le contrat optimal ex-ante vérifié à l'équilibre, $\underline{w}^* = 0$. Ainsi, avec le lemme 1 (ii),

$$\underline{w}^* = 0 \Leftrightarrow V(\theta) + g(e^*(\theta)) - p(e^*(\theta), \theta)\frac{g_e(e^*(\theta))}{p_e(e^*(\theta), \theta)} = 0.$$

Par conséquent, à l'équilibre

$$\frac{d}{d\theta}\left[V^{RL}(\theta) + g(e^{RL}(\theta)) - p(e^{RL}(\theta), \theta)\frac{g_e(e^{RL}(\theta))}{p_e(e^{RL}(\theta), \theta)}\right] = 0. \tag{D.1}$$

Or, sachant $V'(\theta) = h(\theta)$ et $h(\theta)$ donné par le lemme 1 (i), (D.1) peut s'écrire tel que

$$\frac{de^{RL}(\theta)}{d\theta} = \frac{p_{e\theta}g_e}{p_e g_{ee} - p_{ee}g_e}. \tag{D.2}$$

De plus, lorsque $\underline{w}^{RL} = 0$, alors, avec le lemme 1 (iii), $\overline{w}^{RL}(\theta) = g_e(e^{RL}(\theta))/p_e(e^{RL}(\theta), \theta)$. Par conséquent, la dérivée de $\overline{w}^{RL}(\theta)$ par rapport à θ est telle que

$$\frac{d\overline{w}^{RL}(\theta)}{d\theta} = \frac{1}{(p_e)^2}\left[\frac{de^{RL}(\theta)}{d\theta}\left[p_e g_{ee} - p_{ee}g_e\right] - p_{e\theta}g_e\right]. \tag{D.3}$$

La substitution dans (D.3) de $(de^{RL}(\theta))/(d\theta)$ donnée par (D.2) permet immédiatement de conclure que la dérivée de $\overline{w}^{RL}$ par rapport à θ est nulle. Ainsi, à l'équilibre, les niveaux de rémunération proposés à l'agent ne dépendent pas du type de l'agent du fait de la saturation de la contrainte de responsabilité limitée en cas d'échec du projet.

(ii) Évident avec (D.2). □

Références

Caillaud B., R. Guesnerie et P. Rey (1992), "Noisy observation in adverse selection models", *Review of economic studies*, 59, pp. 595-615.

Faynzilberg S.P. et P. Kumar (1997), "Optimal contracting of separable production technologies", *Games and economic behavior*, 21, pp. 15-39.

Faynzilberg S.P. et P. Kumar (2000), "On the generalized principal-agent problem : Decomposition and existence results", *Review of economic design*, 5, pp. 23-58.

Laffont J.J. et J. Tirole (1986), "Using cost observation to control a public firm", *Journal of political economy*, 94, pp. 614-641.

Laffont J.J. et D. Martimort (2002), *The theory of incentives : The principal-agent model*, Princeton et Oxford, Princeton University Press.

Myerson B.R. (1982), "Optimal coordination mechanisms in generalized principal-agent problems", *Journal of mathematical economics*, 10, pp. 67-81.

Picard P. (1987), "On the design of incentive contracts under moral hazard and adverse selection", *Journal of public economics*, 33, pp. 305-332.

Seierstad A. et K. Sydsœter (1987), "Optimal control theory with economic applications", *Advanced textbooks in economics*, 24, Amsterdam, Elsevier.

Stewart J. (1994), "The welfare implications of moral hazard and adverse selection in competitive insurance markets", *Economic inquiry*, 32, pp. 193-208.

Stiglitz E.J. et A. Weiss (1981), "Credit rationing in markets with imperfect information", *American economic review*, 71, pp. 393-410.

Vercammen J. (2002), "Welfare-improving adverse selection in credit markets", *International economic review*, 43, pp. 1017-1033.