La responsabilité civile face à l'arbitrage entre la précaution et l'évasion

Cette version : mars 2006
(Première version : Janvier 2005)

Sébastien Rouillon

Université de Bordeaux 4
GRAPE-CEEP
Avenue L. Duguit
33 608 Pessac cedex
(+033) (0)5 56 84 25 85
rouillon@u-bordeaux4.fr

Mots-clé : risque environnemental, responsabilité civile, régulation.
JEL : D82, K13, L51

Résumé : Cet article analyse le comportement d'un agent responsable civilement des dommages potentiels de son activité. On suppose qu'il détermine à la fois les probabilités de provoquer l'accident et d'être jugé responsable en cas d'accident. On étudie l'arbitrage de l'agent responsable entre ces deux moyens pour échapper au paiement des dommages-intérêts, en régime de responsabilité stricte et pour faute. On utilise ensuite ces résultats pour comparer les propriétés normatives des deux régimes de responsabilité. On montre, en particulier, que seule la responsabilité pour faute est efficace et que la sanction optimale en responsabilité stricte est inférieure à la recommandation habituelle, selon laquelle l'espérance de l'indemnité, sachant la probabilité d'impunité, devrait être égale à la valeur du préjudice. Enfin, on met en évidence le rôle central joué par les élasticités des coûts marginaux dans les résultats.

Summary: This paper analyses the behavior of an agent under strict liability and liability for negligence, when he can choose both the probability of the accident and the probability of being found liable in case of accident. We employ these results to compare the normative properties of strict liability versus fault based liability. We show, in particular, that only a negligence rule is efficient and that the optimal damages under strict liability is less than what is usually recommanded in the literature, i.e. the expected fine, given the probability to escape the liability, should be set equal to the level of harm. Finally, we enlight the central role played by the marginal costs elasticity in the results.

1) Introduction

La littérature théorique traitant de l'effet de la responsabilité civile sur l'incitation à réduire les risques d'accidents (industriels, environnementaux, etc.) est vaste. Les premiers travaux sur ces questions sont Calabresi (1970) et Wittman (1977). Le questionnement porte principalement sur la comparaison de la réglementation, de la responsabilité stricte (i.e. dédommagement sans condition) et pour faute (i.e. dédommagement en cas de défaut dans le respect d'un standard de sécurité), dans un cadre d'analyse simplifié.

Par la suite, cette problématique a été approfondie dans des cadres plus généraux. On ne citera ici que quelques exemples significatifs. Shavell (1980) analyse les avantages et les inconvénients des différents régimes de responsabilité lorsque l'accident est bilatéral, c'est-à-dire lorsque la probabilité et l'ampleur de l'accident dépendent à la fois des choix du responsable et de la victime. Polinsky et Shavell (1979) déterminent le système de responsabilité stricte optimal dans le cas où les agents ont de l'aversion pour le risque. Kolstad et al. (1990) étudient les inconvénients de la responsabilité pour faute lorsque l'agent connaît imparfaitement le standard de sécurité exigé. Shavell (1984) compare la réglementation et la responsabilité stricte, en situation d'information imparfaite du régulateur au sujet du dommage et de dilution de la responsabilité. Il définit la dilution de la responsabilité par une capacité de paiement limitée (inférieure à la valeur maximale du préjudice) et/ou par un risque d'impunité du responsable potentiel. Parmi les développements récents sur le sujet de la dilution de la responsabilité, les thèmes abordés sont : l'opportunité de reporter la responsabilité civile de l'agent insolvable sur ses créanciers (Pitchford, 1995 ; Boyer et Laffont, 1997 ; Lewis et Sappington, 2001) ; l'effet de l'endogénéisation de l'actif du responsable potentiel (Boyd et Ingberman, 1999) ; l'influence des technologies d'évitement de l'accident (Mattiacci et de Geest, 2003).

Cet article poursuit les réflexions sur la dilution de la responsabilité. L'originalité du modèle vient de ce qu'il endogénéise la probabilité d'identifier l'agent à l'origine de l'accident et d'engager juridiquement sa responsabilité, *en la reliant aux choix du responsable.* Dans le cadre analytiquement proche de la littérature sur la mise en oeuvre de la loi, la probabilité de détection et de sanction dépend, le plus souvent, de l'intensité de la recherche par le juge (Cf. Polinsky et Shavell, 2000, pour une synthèse). Dans notre modèle, au contraire, le responsable la détermine lui-même, par un ensemble d'actions visant à cacher son identité ou les preuves de sa responsabilité. Le délit de fuite est un exemple dans le domaine de la responsabilité routière. Dans le domaine de la responsabilité maritime, des pratiques telles que la création de sociétés écrans, l'organisation de formes juridiques opaques, etc., constituent d'autres exemples. Le résultat de l'étude empirique de Ringleb et Wiggins (1990), faisant état d'une corrélation positive entre l'entrée d'entreprises de petites taille dans les secteurs d'activité et un indice de risque cancérigène de ces secteurs, sur une période de durcissement de la responsabilité des employeurs sur les maladies contractées par leurs employés suite à la manipulation de produits cancérigènes, peut s'interpréter dans ce sens et montre, en tout cas, que les agents économiques tentent de trouver des moyens d'échapper à leur responsabilité.

A notre connaissance, l'analyse des conséquences de cette hypothèse sur l'efficacité de la responsabilité civile a reçu un traitement incomplet dans la littérature. Malik (1990) traite un cas proche. Il suppose que des agents choisissent d'enfreindre ou non la loi, sous peine d'amende, et, au moyen de mesures d'évitement, la probabilité d'être jugé coupable. De son côté, le régulateur choisit l'intensité de la recherche des fautifs et le montant de l'amende. Si les agents fautifs sont hétérogénes du point de vue des gains rétirés d'une infraction, une dissuasion incomplète peut être optimale. Malik montre qu'en ce cas, l'amende optimale n'est pas maximale (en opposition avec la recommandation classique de Becker, 1968), dans le but de diminuer les dépenses d'évitement de la partie de la population choisissant de commettre le délit. Ce résultat et la proposition 3 ci-dessous ont une certaine parenté. Ceci mis à part, le modèle de Malik ne convient pas à notre problématique, essentiellement parce que chaque agent ne connaît que deux états, à savoir fautif ou non fautif, ce qui exclut toute référence à la notion d'accident et de négligence.

Pour résumer, dans notre modèle, l'agent dispose de deux moyens pour éviter le paiement de l'indemnité de dommages-intérêts : d'une part, des mesures de précaution, qui réduisent la probabilité de l'accident ; d'autre part, des actions d'évasion de sa responsabilité, qui limitent les chances d'être identifié comme responsable et donc sanctionné. On pose également, comme hypothèse, que les moyens de défense "délictuels" sont coûteux, ce qui nous permet d'analyser les arbitrages entre les deux méthodes pour réduire le risque de verser les dommages intérêts.

Polinsky et Shavell (1997) synthétise les résultats obtenus, dans le cas proche où la probabilité d'identifier le responsable est inférieure à 1, mais *exogène*. La conclusion principale est que l'optimum social peut être rétabli, en responsabilité stricte ou pour faute, à la condition de sur-évaluer les dommages-intérêts, en appliquant à la valeur du préjudice un coefficient égal à l'inverse de la probabilité de trouver le responsable. Le modèle proposé ici contredit tous ces points, dans les termes suivants. Quand le responsable détermine indirectement sa probabilité d'échapper au paiement des dommages-intérêts, seule la responsabilité pour faute décentralise l'optimum social et, en responsabilité stricte, le montant optimal (de second rang) de la sanction est strictement inférieur à celui que préconise Polinsky et Shavell (1997)

Le modèle est décrit et commenté à la section 2. On en définit deux versions, associées à deux hypothèses différentes sur les fonctions de coût. Sous la première (notée H), le comportement de l'agent responsable est analysé à la section 3, en distinguant les systèmes de responsabilité stricte et pour faute. Ces résultats sont utilisés à la section 4 pour comparer les propriétés normatives des deux régimes de responsabilité. Les effets de l'autre hypothèse (notée H') sont présentées à la section 5 et comparées aux résultats précédents.

2) Le modèle

On modélise la situation suivante. Bien que l'analyse se prête à d'autres interprétations, pour fixer les esprits et faciliter la présentation, nous considérerons le cas particulier d'un propriétaire d'un pétrolier. A chaque cargaison transportée, il fait courir le risque d'une marée noire. Il peut atténuer le risque d'accident en prenant diverses précautions (réalisation d'un bilan technique, choix de l'équipage, etc.) Mais, ces mesures étant coûteuses, d'une part, et les dommages de la marée noire étant externes, d'autre part, il n'est pas incité à les appliquer.

Sous l'hypothèse qu'il est trop coûteux de le contrôler par une inspection, le paiement d'une indemnité de dommages-intérêts, en cas d'occurrence de la marée noire, est un moyen efficace d'amener le propriétaire à prendre les mesures qui s'imposent. Toutefois, ce mécanisme, en même temps qu'il l'incite à réduire le risque d'accident, l'amène parallèlement à rechercher d'autres moyens, s'il en est (ce que nous supposons), pour échapper à sa responsabilité. Le risque existe donc que le fait de réclamer des dommages-intérêts soit inefficace, en ce sens qu'il aurait un effet négligeable sur le risque d'accident et qu'il aboutirait surtout à la réallocation de ressources à des fins improductives. Ces éléments, confirmés par certaines études empiriques (Ringleb et Wiggins, 1990), ne sont pas traités complètement dans la littérature théorique. Le modèle proposé ici permet un éclairage nouveau sur ces questions.

On note :

- p : la probabilité d'accident ($0 \leq p \leq 1$) ;
- q : la probabilité de payer les dommages-intérêts ($0 \leq q \leq 1$) ;
- $C(p,q)$: le coût des mesures de précaution et d'évasion ;
- h : le dommage d'une marée noire ;
- s : l'indemnité de dommages-intérêts ($s \geq 0$).

Ce modèle généralise celui que l'on trouve dans la littérature, en endogénéisant la probabilité q. Laissant de côté toute considération morale, le propriétaire d'un pétrolier, soucieux de minimiser son coût total, englobant le coût C et le paiement de la sanction s, choisit la défense la meilleure et, selon la forme de sa fonction de coût, privilégie tantôt l'action sur p, tantôt l'action sur q. Cet arbitrage importe du point de vue du bien-être social, qui ne valorise que la baisse de la probabilité de marée noire.

Nous admettons pour la suite les hypothèses suivantes :

La fonction de coût $C(p,q)$ s'écrit :

$$C(p,q) = c_1(p) + c_2(q),$$

où les fonctions c_i $(i = 1,2)$ vérifient :

$$\begin{gathered} c_i'(x) < 0 \ (0 < x < 1) \ ; \\ H : e_i(x) > 1 \ (0 < x < 1) \qquad \textbf{ou} \qquad H' : 0 < e_i(x) < 1 \ (0 < x < 1) \ ; \\ c_i(1) = c_i'(1) = 0 \text{ et } \lim_{x \to 0^+} c_i'(x) = -\infty, \end{gathered}$$

Prenons quelques instants pour commenter ces hypothèses.

Les premières propriétés déterminent la forme générale des fonctions, de laquelle découlent directement les résultats obtenus par la suite. Le coût du propriétaire croît quand il diminue le risque d'accident p et le risque d'être poursuivi q. Ceci ne semble pas discutable. Les hypothèses H et H', portant sur les élasticités des coûts marginaux, sont inhabituelles. La condition H est adoptée dans les sections 3 et 4. Elle est plus forte qu'une simple hypothèse de convexité des fonctions de coût (car $e_i(x) > 1$ implique : $c_i''(x) > -c_i'(x)/x > 0$, $i = 1, 2$). On montre à l'annexe 1 qu'elle est nécessaires pour "convexifier" le modèle. Les conséquences de la condition alternative H' sont discutées dans la dernière section.

La dernière ligne fixe les valeurs aux bornes des fonctions de coût. Les hypothèses retenues ont pour but d'éliminer les solutions en coins (cas de $c_i'(1) = 0$ et $\lim_{x \to 0^+} c_i'(x) = -\infty$, $i = 1, 2$) ou de faciliter l'énoncé des propositions (cas de $c_i(1) = c_i'(1) = 0$, $i = 1, 2$). Leur abandon n'aurait d'autres conséquences que d'alourdir la rédaction des propositions ci-dessous, par la multiplication des cas particuliers et par l'introduction de notations supplémentaires ([1]).

3) Comportement du propriétaire du pétrolier

Dans cette section, nous analysons le comportement du propriétaire du pétrolier, selon deux régimes de responsabilité différents. En régime de responsabilité stricte, il doit payer l'amende, sans condition, si l'accident survient et si sa responsabilité peut être engagée. Avec la règle de responsabilité pour faute, il doit payer l'amende dans les mêmes circonstances, seulement s'il n'a pas respecté une norme de précaution fixée par le régulateur. On rappelle qu'on admet jusqu'à la section 5 l'hypothèse $H : e_i(x) > 1$ $(i = 1, 2)$.

a) Responsabilité stricte :

Le régime de responsabilité stricte implique que le propriétaire paye l'amende s si l'accident se produit, avec la probabilité p, et si sa responsabilité peut être engagée, avec la probabilité q.

Le problème du propriétaire du pétrolier s'écrit :

[1] Un rapporteur anonyme fait remarquer, à juste titre, que la propriété $c_1(1) = c_1'(1) = 0$ signifie qu'une absence d'effort de précaution rend le sinistre certain, ce qui est absurde. L'hypothèse alternative $c_1(p_{max}) = c_1'(p_{max}) = 0$, avec $0 < p_{max} < 1$, devrait donc lui être préférée. Malgré ce problème, plusieurs raisons nous poussent à conserver la première formulation. Premièrement, elle est déjà utilisée par Schmitz (2000), comme hypothèse simplificatrice. Deuxièmement, la modification proposée alourdirait les preuves des propositions, sans modifier qualitativement les propositions elles-mêmes (à une nuance près, qui fait l'objet du troisièmement ci-après). Troisièmement, en substituant par la suite $p = p_{\max}$ à chaque apparition de la proposition $p = 1$, on a une idée exacte des modifications qui seraient apportées. Pour conclure, il est à noter que la même critique et les mêmes remarques valent pour la proposition $c_2(1) = c_2'(1) = 0$.

$P1$: choisir p et q pour minimiser $C(p,q) + pqs$.

Formellement, la fonction d'objectif montre la symétrie, du point de vue du propriétaire, entre le choix de p et de q. Les actions sur ces probabilités sont substituables. Notre propos ci-dessous est de relier ce choix aux propriétés de la fonction de coût C.

Proposition 1 : L'équilibre du propriétaire du pétrolier, noté $(p(s), q(s))$, existe, est unique et intérieur, pour tout $s > 0$ (si $s = 0$, la solution optimale est $(1,1)$). Il vérifie la condition (nécessaire et suffisante) :

$$(1) \quad -p(s)\, c_1'(p(s)) = -q(s)\, c_2'(q(s)) = p(s)\, q(s)\, s.$$

Preuve : Cf. annexes A1.

La condition (1) implique que le propriétaire égalise l'accroissement marginal du coût de ses actions sur p et q à la diminution marginale de la sanction espérée qui s'ensuit. Sous les hypothèses posées, quel que soit le montant de la sanction s, cela est toujours possible et suffisant pour la minimisation du coût.

La propriété suivante montre que les probabilités optimales $p(s)$ et $q(s)$ décroissent avec le montant des dommages-intérêts réclamés. Plus précisément, elle relie l'élasticité des deux variables $p(s)$ et $q(s)$ par rapport à s, aux caractéristiques de la fonction de coût.

Propriété 1 : Les élasticités de $p(s)$ et $q(s)$ par rapport à s sont données par :

$$\begin{aligned} e_{p/s} &= \frac{1 - e_2}{e_1 e_2 - 1} < 0, \\ e_{q/s} &= \frac{1 - e_1}{e_1 e_2 - 1} < 0, \end{aligned}$$

où les élasticités e_1 et e_2 sont évaluées en $p(s)$ et $q(s)$.

Preuve : Cf. annexe A2.

L'augmentation de la sanction produit ainsi une baisse du risque d'accident d'autant plus forte que l'élasticité de c_1' est petite et que l'élasticité de c_2' est forte. Elle a un effet négligeable quand l'élasticité de c_1' est très grande (on montre que $e_{p/s} \to 0$ quand $e_1 \to +\infty$), du fait qu'une baisse supplémentaire du risque d'accident est très coûteuse. Elle a un effet négligeable également quand l'élasticité de c_2' est proche de 1 (on montre que $e_{p/s} \to 0$ quand $e_2 \to 1$). Cela s'explique par le fait que le propriétaire du pétrolier dispose d'autres moyens, plus économiques, pour échapper à la sanction. On a les résultats symétriques pour l'élasticité de $q(s)$ par rapport à s.

b) Responsabilité pour faute :

Le régime de responsabilité pour faute implique que le propriétaire du pétrolier paye l'amende s si l'accident se produit, si sa responsabilité est avérée et si, de plus, il ne respecte pas un standard de sécurité recommandé par le régulateur. Dans notre modèle, le standard prend la forme d'un plafond $\overline{p}$ pour la probabilité d'accident p : le propriétaire échappe à la sanction si $p \leq \overline{p}$, paye l'amende sinon ([2]).

Le problème du propriétaire du pétrolier s'écrit ici :

$P2$: choisir p et q pour minimiser $C(p,q)$ si $p \leq \overline{p}$, $C(p,q) + pqs$ sinon.

On voit que la symétrie entre les choix de p et de q disparaît, du fait que le propriétaire du pétrolier peut s'exonérer de la sanction, simplement en respectant le standard légal. S'il s'y résout, il n'a alors plus de raison d'agir sur q. Les conséquences de la règle de responsabilité pour faute sur le comportement du propriétaire sont précisées par la proposition suivante.

Proposition 2 : Quelle que soit la norme de sécurité $\overline{p}$, l'équilibre du responsable est $(\overline{p}, 1)$ si la sanction s est suffisamment élevée, $(p(s), q(s))$ sinon.

Preuve : Cf. annexe A3.

Ainsi, on peut toujours forcer le propriétaire du pétrolier à respecter une norme de sécurité, quelle qu'elle soit. Il suffit de le menacer d'une sanction suffisamment élevée, en cas de manquement à la réglementation. De plus, lorsque la sanction est dissuasive (au point d'inciter le propriétaire à se mettre en conformité avec la réglementation), le régime de responsabilité pour faute élimine toute incitation de sa part à engager des dépenses improductives pour échapper à sa responsabilité. Ceci tient au fait évident que le respect de la norme le met, quoiqu'il arrive, à l'abri d'une sanction.

4) Comparaison normative des règles de responsabilité

Nous procédons, dans cette section, à l'analyse des propriétés normatives des deux régimes de régulation. Nous rappelons à nouveau que ces résultats valent sous l'hypothèse $H : e_i(x) > 1$ $(i = 1, 2)$.

[2] Cette formalisation se justifie si l'on suppose que le régulateur observe parfaitement les mesures de sécurité prises par le propriétaire du navire et qu'il existe une liaison fonctionnelle entre ces dernières et la probabilité d'accident. Cf. la note suivante pour une discussion des conséquences possibles de la remise en cause de cette hypothèse.

a) L'optimum social

L'objectif du régulateur est de minimiser le coût social de l'activité du pétrolier. Ce dernier comporte trois éléments :

- les coûts des mesures de précaution pour éviter la marée noire : $c_1(p)$;
- les coûts des actions engagées pour échapper à sa responsabilité : $c_2(q)$;
- les dommages de la marée noire : h.

L'objectif du régulateur s'énonce donc sous la forme du problème :

$P3$: choisir p et q pour minimiser $C(p,q) + ph$.

L'optimum social, solution de $P3$, est $(p^*, 1)$, où la probabilité d'accident optimale p^* vérifie la condition du premier ordre :

$$(2) \quad -c_1'(p^*) = h.$$

Elle décroît avec le montant des dommages h, est égale à 1 quand $h = 0$ et tend vers 0 quand h tend vers l'infini (Cf., par exemple, Shavell, 1984).

b) Décentralisation de l'optimum social

Les chances de décentraliser l'état optimal dépendent des informations et des instruments accessibles au régulateur. On retient ci-dessous le jeu d'hypothèses suivant.

Le régulateur n'observe rien avant la marée noire. Ceci se justifie s'il est trop coûteux d'inspecter le pétrolier. On suppose, par contre, qu'il constate toujours l'occurrence d'une marée noire. Après l'accident, on distingue les régimes de responsablilité pour faute et stricte, suivant que la probabilité p est observable ou non, respectivement. Ceci s'explique par le fait qu'il n'est pas toujours possible de mener une enquête capable de révéler cette information ([3]). Dans

[3] Une hypothèse intermédiaire, où le juge observe de façon imparfaite les mesures de précaution et la probabilité d'accident, peut être envisagée. En s'inspirant de Fluet (1998), on peut l'évoquer rapidement et conjecturer quelques résultats intuitifs.

Définissons $\widehat{p}$ l'observation (imparfaite) de p par le juge et $F(x,p)$ sa fonction de répartition $(0 \leq x \leq 1)$. Si la norme légale prescrite est $\overline{p}$, la probabilité que le responsable soit considéré fautif est $P(x,p) = 1 - F(x,p)$ et son problème est de choisir p et q pour minimiser :

$$C(p,q) + pqP(\overline{p},p)\,s.$$

En adaptant la proposition 1, on sait que, sous certaines conditions, toute solution est intérieure et vérifie :

$$-pc_1'(p) / \left(1 + e_{P/p}\right) = -qc_2'(q) = pqS,$$

où on note $e_{P/p} = pP_p(\overline{p},p) / P(\overline{p},p)$ et $S = P(\overline{p},p)\,s$, pour mieux souligner la similitude avec (1).

On en tire assez directement deux enseignements sur l'efficacité de la responsabilité pour faute dans ce contexte. Premièrement, comme la solution est intérieure, le critère de la faute ne permet pas de décentraliser l'état optimal. Deuxièmement, si l'on suppose, comme il est naturel de le faire, que $e_{P/p} > 0$, on note que la différence principale avec (1) est que le coût marginal $c_1'(p)$ est pondéré d'un coefficient $1/\left(1 + e_{P/p}\right) < 1$. Par conséquent, toutes tous les cas, par contre, on suppose qu'il n'observe pas q (ou, ce qui revient au même, que l'indemnité de dommages-intérêts ne peut pas en dépendre).

La logique veut que, plus le régulateur dispose d'instruments, plus il a de chances de décentraliser l'optimum social. Ceci donne *a priori* un avantage au régime de responsabilité pour faute. Sous les hypothèses habituelles, cet avantage n'importe pas, puisque les deux régimes permettent de décentraliser l'optimum social (Polinsky et Shavell, 1987).

Par contre, sous les hypothèses retenues ici, la différence se révèle déterminante. En effet, une conséquence immédiate, mais néanmoins centrale, des propositions 1 et 2 est que : le régulateur peut décentraliser l'optimum social $(p^*, 1)$ s'il emploie un régime de responsabilité pour faute ; il ne le peut pas s'il emploie un régime de responsabilité stricte.

En régime de responsabilité pour faute, il suffit de définir une norme légale $\overline{p} = p^*$ et d'imposer une indemnité de dommages-intérêts suffisamment grande (en appliquant directement la proposition 2).

En régime de responsabilité stricte, l'optimum social n'est pas accessible, du fait qu'il nécessite que le responsable se défende contre le risque de paiement de l'indemnité de dommages-intérêts, uniquement en diminuant la probabilité de l'accident, sans rechercher d'autres moyens d'y échapper. Or, en vertu de la proposition 1, quel que soit le montant de l'indemnité s qu'on lui réclame en cas d'accident, le responsable potentiel choisit toujours $q(s) < 1$.

c) Sanction optimale en responsabilité stricte

Malgré le résultat précédent, on peut s'interroger sur le niveau optimal de la sanction en régime de responsabilité stricte.

Sous contrainte d'utiliser un système de responsabilité stricte, le problème du régulateur s'écrit :

$P4$: choisir s pour minimiser $C(p,q) + ph$,
sous la contrainte : p et q minimisent $C(p,q) + pqs$.

Autrement dit, le régulateur fixe le montant des dommages-intérêts et le propriétaire choisit les probabilités p et q en fonction.

Proposition 3 : Si la sanction optimale s^0, solution de $P4$, est intérieure (i.e., $s^0 > 0$), alors elle satisfait la condition (nécessaire) :

$$(3)\ s^0 = \theta \frac{h}{q^0},$$

choses égales par ailleurs, le critère de la faute favorise les mesures en faveur d'une baisse de la probabilité d'accident p, par rapport à celles visant à réduire la probabilité d'être jugé responsable q. C'est donc un meilleur instrument que la responsabilité stricte.

où on note $p^0 = p\left(s^0\right)$ et $q^0 = q\left(s^0\right)$ et où $\theta = (e_2 - 1) / (e_1 + e_2 - 2) < 1$ est évalué en $\left(p^0, q^0\right)$.

Preuve : Cf. annexe A4.

Sachant que $\theta < 1$, il découle de ce résultat que la sanction optimale est toujours inférieure à h/q^0. Ceci contredit Polinsky et Shavell (1997). Pour le cas où la probabilité d'évasion q^0 est exogène, ils montrent que la sanction optimale est égale à h/q^0. Sous cette hypothèse, en effet, la pondération du dommage h par $1/q^0$ rétablit l'internalisation du dommage et compense exactement la désincitation induite par la possibilité d'échapper à sa responsabilité.

Le désaccord entre la recommandation de Polinsky et Shavell et la proposition 3 est parfaitement compréhensible. La propriété 1 prouve que la probabilité d'évasion est corrélée positivement à la sanction. L'accroissement des dommages-intérêts s'accompagne donc d'effets pervers, le propriétaire du pétrolier détournant des ressources vers des fins non productives pour éviter d'être poursuivi. Toutes choses égales par ailleurs, ceci justifie de réduire la sanction par rapport au cas où la probabilité d'évasion est exogène.

5) Relâchement des hypothèses

Dans cette section, nous reprenons les points principaux de l'analyse ci-dessus en abandonnant l'hypothèse H. Comme il paraît difficile d'énoncer quelque résultat général que ce soit, dans le cas où les élasticités $e_1(p)$ et $e_2(p)$ seraient quelconques, c'est-à-dire tantôt plus grandes que 1 (hypothèse retenue dans les sections précédentes), tantôt plus petites, nous lui substituons l'hypothèse $H' : 0 < e_i(x) < 1$ $(i = 1, 2)$.

a) Responsabilité stricte

La proposition suivante est le pendant de la proposition 1, une fois admise la nouvelle hypothèse. Elle décrit le comportement du responsable en régime de responsabilité stricte, solution de $P1$. Son énoncé nécessite d'introduire quelques définitions et quelques notations préalables.

On note, pour tout s :

- $\gamma(s)$, la solution du problème consistant à : choisir p pour minimiser $C(p, 1) + ps$ (déduit de $P1$, en imposant la contrainte $q = 1$) ;
- $\varphi_1(s) = c_1(\gamma(s)) + \gamma(s)\, s$, le coût associé à $\gamma(s)$;
- $\mu(s)$, la solution du problème consistant à : choisir q pour minimiser $C(1, q) + qs$ (déduit de $P1$ en imposant la contrainte $p = 1$) ;
- $\varphi_2(s) = c_2(\mu(s)) + \mu(s)\, s$, le coût qui en résulte.

On peut alors décrire le comportement du responsable dans les termes suivants.

Proposition 1' : Pour tout s, l'équilibre du responsable est

$$\begin{array}{c}(\gamma(s), 1), \text{ si } \varphi_1(s) \leq \varphi_2(s), \\ (1, \mu(s)), \text{ sinon,}\end{array}$$

où les probabilités d'accident $\gamma(s)$ et d'être jugé responsable $\mu(s)$ vérifient, pour tout s, les conditions (nécessaires et suffisantes) :

$$(1') \; -c_1'(\gamma(s)) = -c_2'(\mu(s)) = s.$$

Preuve : Cf. annexe A5.

Sous l'hypothèse H', il n'est donc jamais rentable d'agir sur les deux tableaux à la fois en responsabilité stricte. Pour tout niveau de sanction donné, l'équilibre du propriétaire du pétrolier relève de deux formes diamétralement opposées. Dans un cas (i.e., $\varphi_1(s) \leq \varphi_2(s)$), le moyen le moins coûteux de se défendre contre le paiement de s est d'agir sur le risque d'accident uniquement : le propriétaire choisit $p = \gamma(s) < 1$ et $q = 1$. Dans l'autre (i.e., $\varphi_1(s) > \varphi_2(s)$), il se défend à moindre coût en employant seulement des moyens "illégaux" : il choisit $p = 1$ et $q = \mu(s) < 1$.

On déduit aussi de la proposition 1', les conditions d'une décentralisation de l'état optimal $(p^*, 1)$ en responsabilité stricte. Il est d'abord nécessaire de fixer les dommages-intérêts s, égaux au montant des dommages causés h. En effet, on vérifie bien, en comparant (1') et (2), que $\gamma(s) = p^*$ dans ce cas seulement. Il faut ensuite s'assurer que le propriétaire adopte bien le type de comportement recherché. En effet, pour ce montant d'indemnité, deux équilibres sont *a priori* possibles, à savoir $(\gamma(h), 1)$ et $(1, \mu(s))$. La condition suffisante recherché se déduit directement de la proposition 1' et s'écrit : $\varphi_1(h) \leq \varphi_2(h)$. En résumant, sous l'hypothèse H', l'état optimal peut être décentralisé au moyen de la responsabilité stricte si, et seulement si, $s = h$ et $\varphi_1(h) \leq \varphi_2(h)$.

Quelques conséquences inattendues de la propriété H', implicites dans la proposition 1', doivent ici être soulignées.

La solution obtenue est compatible avec l'existence d'une multiplicité d'équilibres. Cela se produit s'il existe une valeur de s telle que $\varphi_1(s) = \varphi_2(s)$. Si une telle indemnité est réclamée, les propriétaires de pétroliers sont indifférents entre les deux types de solutions. Il est alors possible que coexistent deux types de navires, les uns plutôt fiables et transparents, les autres plutôt dangereux et aux formes juridiques opaques ([4]).

La solution décrite par la proposition 1' peut également être discontinue, c'est-à-dire basculer brutalement d'une forme à l'autre, suite à une modification très petite de la sanction. Il suffit pour cela que la différence $\varphi_1(s) - \varphi_2(s)$

[4] On note que l'énoncé de la proposition, de façon arbitraire, lève l'indétermination en supposant que, en cas d'indifférence entre les deux solutions, le responsable choisit la plus avantageuse socialement

change de signe. Pour le commentaire, envisageons le cas où cette différence s'annule en $s = x$, est négative avant, et positive après. Pour une sanction ne dépassant pas le seuil x, il est moins coûteux pour le propriétaire de se défendre contre le paiement de l'indemnité en prenant des mesures de précaution pour éviter l'accident. Passé le montant d'indemnité seuil $s = x$, il a intérêt à changer radicalement de comportement. Précisément, il gagne à délaisser toutes mesures de prévention de l'accident, pour rechercher des moyens délictuels d'échapper au paiement des dommages-intérêts.

b) Responsabilité pour faute

La proposition suivante remplace la proposition 2. Elle achève notre analyse, en décrivant le comportement du responsable en régime de responsabilité pour faute, solution de $P2$, sous l'hypothèse H'.

Proposition 2' : Si la norme de sécurité $\overline{p}$ vérifie $c_1(\overline{p}) < \lim_{q\to 0} c_2(q)$ et si l'indemnité de dommages-intérêts s est suffisamment grande, l'équilibre du responsable est $(\overline{p}, 1)$. Sinon, l'équilibre du responsable est donné par la proposition 1'.

Preuve : Cf. annexe A6.

On comprend mieux ce résultat en disant que $\lim_{q\to 0} c_2(q)$ détermine le coût maximum (fini ou infini) qu'il est possible d'infliger au responsable en responsabilité stricte. S'il est infini (ce qui était impliqué par l'hypothèse H), la proposition 2' devient équivalente à la proposition 2 et affirme qu'on peut décentraliser n'importe quelle norme de sécurité $\overline{p}$. Sinon, la proposition 2' énonce qu'on ne peut faire respecter que des normes moins coûteuses que $\lim_{q\to 0} c_2(q)$. On déduit directement que l'état optimal $(p^*, 1)$ est décentralisable en responsabilité pour faute à la condition que $c_1(p^*) < \lim_{q\to 0} c_2(q)$.

6) Conclusions :

Le modèle proposé met en évidence quelques conséquences indirectes de la responsabilité civile, lorsque les agents ont la possibilité d'y échapper autrement qu'en réduisant le risque d'accident. Les résultats obtenus relient, de façon nette, le comportement de l'agent potentiellement responsable de l'accident, aux coûts des mesures de précaution vis-à-vis de l'accident d'une part, et aux coûts des moyens juridiques ou autres pour cacher sa responsabilité d'autre part. On montre, pour être précis, que l'élasticité des coûts marginaux associés jouent un rôle central dans ce comportement. Les recommandations de politique économique découlant de nos résultats sont explicites. En particulier, elles appuient le recours au critère de la faute et l'existence d'une limite de responsabilité pour les pollutions marines.

On peut concevoir deux prolongements possibles de ce travail. D'une part, sous réserves que des données sur les technologies soient disponibles, des tests empiriques devraient être menés, soit pour valider le modèle, soit pour inférer certains paramètres, notamment du coût des mesures d'évasion disponibles, dans le domaine soumis à l'étude empirique. D'autre part, il est à noter qu'une analyse des conséquences de l'endogénéisation de la solvabilité de l'agent responsable peut facilement être menée en adaptant les résultats obtenus ici.

ANNEXES

A1) Démonstration de la proposition 1 :

Résumons les étapes de la démonstration. Le constat de départ est que la convexité de la fonction de coût C ne garantit pas que la fonction objectif soit convexe. On montre qu'une condition plus restrictive, s'écrivant $H : e_i(x) > 1$ ($i = 1, 2$ et $0 < x < 1$), est nécessaire. Alors : la solution du problème $P1$ est unique ; sous l'hypothèse $c_i'(1) = 0$ ($i = 1, 2$), elle est intérieure et vérifie les conditions (nécessaires et suffisantes) du premier ordre (1).

*** Etude de la convexité :**

Sachant que $\lim_{p\to 0^+} c_1'(p) = \lim_{q\to 0^+} c_2'(q) = -\infty$, la fonction objectif du problème $P1$ atteint son minimum en un point (p, q), avec $p > 0$ et $q > 0$ (car les dérivées de la fonction objectif par rapport à p et q sont négatives pour p et q suffisamment petits). Le problème $P1$ équivaut donc au problème :

$P1'$: choisir x et y positifs pour minimiser $c_1(e^{-x}) + c_2(e^{-y}) + e^{-x-y}s$, obtenu après le changement de variables $e^{-x} = p$ et $e^{-y} = q$.

On montre le lemme suivant.

Lemme : la fonction $c_1(e^{-x})$ (resp., $c_2(e^{-y})$) est strictement convexe en x (resp., en y) si, et seulement si, $e_1(p) > 1$ (resp., $e_2(q) > 1$).

En effet, pour que $c_1(e^{-x})$ soit strictement convexe, il faut et il suffit que sa fonction dévivée $-e^{-x}c_1'(e^{-x})$ soit strictement croissante avec x. Ceci équivaut à ce que $-pc_1'(p)$ soit strictement décroissante avec p (en substituant $p = e^{-x}$). On doit donc avoir :

$$(-pc_1'(p))' = -pc_1''(p) - c_1'(p) = c_1'(p)(e_1(p) - 1) < 0.$$

Sachant que $c_1'(p) < 0$, on en déduit que $e_1(p) > 1$. On procède de même pour l'autre fonction.

Il découle directement de ce lemme que, sous l'hypothèse H, le problème transformé $P1'$ est strictement convexe.

*** Etude de la solution de $P1$:**

Puisque la fonction objectif est convexe, la solution de $P1$ est unique. Notons $(p(s), q(s))$ cette solution, pour tout s.

On veut montrer que, sous les hypothèses $c_i'(1) = 0$ $(i = 1, 2)$, la solution est intérieure : $p(s) < 1$ et $q(s) < 1$. En effet, si on suppose, par exemple, que $p(s) = 1$, sachant que $c_1'(1) = 0$, la dérivée de l'objectif du responsable par rapport à p est alors égale à $q(s)s$. Comme $q(s) > 0$, l'objectif du propriétaire du pétrolier est donc strictement croissant avec p (sa dérivée est positive). Il s'ensuit que $p(s) = 1$ n'est pas solution.

La solution de $P1$, étant intérieure, satisfait les conditions sur les dérivées du premier ordre :

$$\begin{cases} c_1'(p(s)) + q(s)s = 0 \\ c_2'(q(s)) + p(s)s = 0 \end{cases}$$

desquelles on déduit (1) directement. Et cette condition est nécessaire et suffisante, par convexité de la fonction objectif.

CQFD

A2) Démonstration de la propriété 1

On part du système équivalent à (1) :

$$\begin{cases} c_1'(p(s)) + q(s)s = 0 \\ c_2'(q(s)) + p(s)s = 0 \end{cases}$$

Pour obtenir l'élasticité de $p(s)$ par rapport à s, i.e. $e_{p/s} = sp'(s)/p(s)$, substituons $q(s) = -c_1'(p(s))/s$ dans la seconde ligne :

$$c_2'(-c_1'(p(s))/s) + p(s)s = 0.$$

Cette relation définit implicitement $p(s)$ comme fonction dérivable de s. En différentiant et en arrangeant, on trouve :

$$e_{p/s} = \frac{1 - [-qc_2''(q)/c_2'(q)]}{[-pc_1''(p)/c_1'(p)][-qc_2''(q)/c_2'(q)] - 1} = \frac{1 - e_2(q)}{e_1(p)e_2(q) - 1} < 0,$$

les fonctions et les élasticités étant évaluées en $(p(s), q(s))$.

On procède de la même façon pour l'élasticité de $q(s)$ par rapport à s.

CQFD

A3) Démonstration de la proposition 2

Pour tout s, soit $\varphi(s) = C(p(s), q(s)) + p(s)q(s)s$ le coût minimum du responsable, associé à la solution $P1$.

*** Propriétés de $\varphi(s)$:**

On montre que $\varphi(s)$ est une fonction continue et strictement croissante, et qu'elle prend toutes les valeurs entre 0 et $+\infty$.

Le système (1) définit implicitement la solution optimale $(p(s), q(s))$ de $P1$ comme une fonction dérivable de s. Il s'ensuit que la fonction $\varphi(s)$ est dérivable, donc continue. Par le théorème de l'enveloppe, on montre que :

$$\varphi'(s) = p(s)\, q(s) > 0,$$

c'est-à-dire que $\varphi(s)$ est croissante.

Il est immédiat que sa borne inférieure est $\varphi(0) = C(1,1) = 0$.

Pour montrer que $\lim_{s\to+\infty} \varphi(s) = +\infty$, on a besoin du lemme suivant.

Lemme : Si $e_1(p) > 1$ (resp., $e_2(q) > 1$), alors $c_1(p)$ (resp., $c_2(q)$) tend vers l'infini quand p (resp., q) tend vers 0.

En effet, avec le lemme de l'annexe 1, on sait que $e_1(p) > 1$ implique que $c_1(e^{-x})$ est strictement convexe. On a donc, pour tout couple x_0 et x_1 pris dans $]0,1[$:

$$c_1\left(e^{-x_1}\right) > c_1\left(e^{-x_0}\right) - e^{-x_0} c_1'\left(e^{-x_0}\right)(x_1 - x_0).$$

En faisant tendre x_1 vers l'infini, sachant que $c_1'\left(e^{-x_0}\right) < 0$, le membre de droite et, par conséquent, le membre de gauche $c_1\left(e^{-x_1}\right)$ tendent vers l'infini. On conclut donc que $\lim_{p\to 0} c_1(p) = +\infty$. La démonstration est identique pour $c_2(q)$.

Le lemme étant prouvé, supposons que $\varphi(s)$ soit bornée supérieurement par k. L'inégalité suivante est donc vérifiée, pour tout s :

$$\varphi(s) = c_1(p(s)) + c_2(q(s)) + p(s)\, q(s)\, s \leq k$$

On conclut directement que $\lim_{s\to+\infty} \varphi(s) = +\infty$ par contradiction : l'inégalité implique que $p(s)$ ou $q(s)$ tende(nt) vers 0 quand s tend vers l'infini ; et, avec le lemme précédent, $c_1(p(s)) + c_2(q(s))$ tend vers l'infini quand s tend vers l'infini.

*** Solution de $P2$:**

Quelle que soit la norme légale $\overline{p}$, le théorème des valeurs intermédiaires garantit l'existence de $\overline{s}$ telle que $\varphi(\overline{s}) = c_1(\overline{p})$. La monotonie de φ implique l'unicité. On montre alors que la solution de $P2$ est $(p(s), q(s))$ si $s < \overline{s}$, $(\overline{p}, 1)$ sinon.

Pour cela, nous avons besoin des propriétés suivantes :

$$\min\{C(p,q)\,; 0 \leq p \leq \overline{p}, 0 \leq q \leq 1\} = c_1(\overline{p})$$
$$\inf\{C(p,q) + pqs; \overline{p} < p \leq 1, 0 \leq q \leq 1\} \geq \varphi(s)$$

La première découle directement des propriétés de la fonction de coût C. La seconde s'explique par le fait que le problème du membre de gauche est identique à $P1$, à la différence près qu'il est soumis à la contrainte supplémentaire $p > \overline{p}$.

Si $s < \overline{s}$, du fait que φ est strictement croissante, on a :

$$\varphi(s) < \varphi(\overline{s}) = c_1(\overline{p}).$$

Par ailleurs, sachant que C décroît avec p et q, cette inégalité implique que $p(s) > \overline{p}$, puisqu'on peut écrire :

$$c_1(p(s)) \leq C(p(s), q(s)) \leq \varphi(s) < c_1(\overline{p}).$$

Ceci prouve que $(p(s), q(s))$ minimise $C(p,q) + pqs$ sous la contrainte $p > \overline{p}$ et que le coût associé $\varphi(s)$ est plus petit que $c_1(\overline{p})$; c'est la solution de $P2$.

Si $s \geq \overline{s}$, on a inversement :

$$\varphi(s) \geq \varphi(\overline{s}) = c_1(\overline{p}),$$

et on conclut directement, à l'aide des deux propriétés ci-dessus, que la solution de $P2$ est $(\overline{p}, 1)$.

CQFD

A4) Démonstration de la proposition 3

Si la solution de $P4$ est intérieure (i.e., $s^0 > 0$), la solution de $P1$, associée à s^0, vérifie le système (1). Le problème $P4$ s'énonce donc, de façon équivalente :

$P4$: choisir s pour minimiser $C(p,q) + ph$,
sous la contrainte : $-pc_1'(p) = -qc_2'(q)$.

Nous allons résoudre ce problème en p et en q. Nous déduirons ensuite la valeur de s correspondante.

La solution $\left(p^0, q^0\right)$ de $P4$ étant intérieure sous l'hypothèse $s^0 > 0$, il existe un multiplicateur λ et une fonction lagrangienne :

$$L(p,q) = C(p,q) + ph - \lambda\left(pc_1'(p) - qc_2'(q)\right),$$

dont les dérivées premières, évaluées en $\left(p^0, q^0\right)$, sont nulles :

$$\begin{cases} c_1'\left(p^0\right) + h - \lambda\left(p^0 c_1''\left(p^0\right) + c_1'\left(p^0\right)\right) = 0 \\ c_2'\left(q^0\right) + \lambda\left(q^0 c_2''\left(q^0\right) + c_2'\left(q^0\right)\right) = 0 \end{cases}$$

En divisant les deux lignes par $c_1'\left(p^0\right)$ et $c_2'\left(q^0\right)$ respectivement et en arrangeant, on obtient le système équivalent :

$$\begin{cases} \left(c_1' + h\right)/c_1' = -\lambda\left(e_1 - 1\right) \\ 1 = \lambda\left(e_2 - 1\right) \end{cases},$$

toutes ces grandeurs étant évaluées au point $\left(p^0, q^0\right)$. En faisant le ratio pour faire disparaître le multiplicateur, on a l'égalité :

$$\left(c_1' + h\right)/c_1' = -\left(e_1 - 1\right)/\left(e_2 - 1\right),$$

qui est équivalente à :

$$-c_1' = \theta h,$$

avec $\theta = \left(e_2 - 1\right)/\left(e_1 + e_2 - 2\right)$.

Par ailleurs, comme la solution vérifie la contrainte (1), on a :

$$-p^0 c_1' = -q^0 c_2' = p^0 q^0 s^0.$$

En réunissant les deux derniers résultats, il vient :

$$s_0 = \theta \frac{h}{q_0}.$$

CQFD

A5) Démonstration de la proposition 1' :

On montre que l'hypothèse H' : $0 < e_i(x) < 1$ ($i = 1, 2$ et $0 < x < 1$) implique que toute solution du problème $P1$ est une solution en coins ($p = 1$ ou $q = 1$). La solution de $P1$ se déduit directement de ce constat, en comparant les solutions des deux problèmes, déduits de $P1$, en posant $q = 1$, puis $p = 1$.

*** Solutions en coins :**

Comme à l'annexe 1, on remarque que le problème $P1$ équivaut à :

$P1'$: choisir x et y positifs pour minimiser $c_1(e^{-x}) + c_2(e^{-y}) + e^{-x-y}s$,

et on établit le lemme suivant (la démonstration n'est pas différente de celle de l'annexe 1).

Lemme : la fonction $c_1(e^{-x})$ (resp., $c_2(e^{-y})$) est strictement concave en x (resp. en y) si, et seulement si, $0 < e_1(p) < 1$ (resp., $0 < e_2(q) < 1$).

Supposons alors que la solution (p, q) de $P1$ soit intérieure (i.e., $p < 1$ et $q < 1$). Définissons x et y tels que $e^{-x} = p$ et $e^{-y} = q$.

Soient $X = x + y$ et $\lambda = x/X$. Sous l'hypothèse H', le lemme précédent implique que la fonction de coût C est strictement concave (comme somme de deux fonctions strictement concave) et on peut écrire, en notant que $0 < \lambda < 1$:

$$C\left(e^{\lambda(-X)+(1-\lambda)(0)}, e^{\lambda(0)+(1-\lambda)(-X)}\right) > \lambda C\left(e^{-X}, e^0\right) + (1-\lambda) C\left(e^0, e^{-X}\right).$$

En notant que $p = e^{\lambda(-X)}$, $q = e^{(1-\lambda)(-X)}$ et $pq = e^{-X}$, cette inégalité s'écrit aussi :

$$C(p, q) > \lambda C(pq, 1) + (1-\lambda) C(1, pq).$$

Ajoutons pqs de chaque côté et arrangeons pour obtenir :

$$C(p, q) + pqs > \lambda (C(pq, 1) + pqs) + (1-\lambda)(C(1, pq) + pqs),$$

d'où l'on déduit que l'un au moins des choix $(pq, 1)$ ou $(1, pq)$ est moins coûteux que (p, q), qui n'est donc pas solution du problème $P1$.

*** Construction de la solution :**

On vérifie que les choix optimaux $\gamma(s)$ et $\mu(s)$, définis avant l'énoncé de la proposition 1', sont uniques et vérifient les conditions (nécessaires et suffisantes) (Cf., par exemple, Shavell, 1984) :

$$-c_1'(\gamma(s)) = s \text{ et } -c_2'(\mu(s)) = s.$$

Toute solution de $P1$ étant une solution en coins sous l'hypothèse H', il est clair qu'elle s'obtient comme décrit dans la proposition 1', en comparant les coûts minimums $\varphi_1(s) = c_1(\gamma(s)) + \gamma(s)s$ et $\varphi_2(s) = c_2(\mu(s)) + \mu(s)s$.

CQFD

A6) Démonstration de la proposition 2'

A l'annexe 3, on a vu que l'hypothèse H impliquait que $\lim_{x\to 0} c_i(x) = +\infty$ $(i = 1, 2)$, si bien que l'agent ne pouvait échapper au paiement de s à un coût fini. Ceci rendait possible le fait de décentraliser n'importe quelle norme de sécurité $\overline{p}$, en fixant des dommages-intérêts suffisamment grands. L'hypothèse H' n'implique pas cette même propriété et, sauf à l'admettre par hypothèse, une condition sur la norme $\overline{p}$ doit être posée pour qu'elle soit décentralisable.

Précisément, on montre que le coût de l'agent en régime de responsabilité stricte, donné par $\varphi(s) = \min\{\varphi_1(s), \varphi_2(s)\}$, pour tout s, est continu et strictement croissant, et qu'il prend toutes les valeurs entre 0 et $\min\{\lim_{p\to 0} c_1(p), \lim_{q\to 0} c_2(q)\}$. Il vient alors qu'il existe un seuil $\overline{s}$ telle que $\varphi(\overline{s}) = c_1(\overline{p})$ si, et seulement si, la norme $\overline{p}$ vérifie $c_1(\overline{p}) < \lim_{q\to 0} c_2(q)$. Sans répéter la seconde étape de la démonstration de l'annexe 3, on en conclut directement qu'un standard légal $\overline{p}$ est décentralisable si, et seulement si, il vérifie l'inégalité précédente et l'indemnité s est choisie plus grande que $\overline{s}$.

*** Propriétés des fonctions de coût $\varphi_i(s)$ $(i = 1, 2)$:**

Démontrons que $\varphi_1(s)$ est une fonction continue et strictement croissante, prenant toute les valeurs entre 0 et $\lim_{p\to 0} c_1(p)$.

Le système (1') définit implicitement la solution optimale $\gamma(s)$ comme une fonction dérivable de s. Il s'ensuit que la fonction $\varphi_1(s)$ est dérivable, donc continue. Par le théorème de l'enveloppe, on montre que :

$$\varphi_1'(s) = \gamma(s) > 0,$$

c'est-à-dire que $\varphi_1(s)$ est croissante.

Il est immédiat que sa borne inférieure est $\varphi_1(0) = c_1(1) = 0$.

Si $c_1(0)$ est définie, il est clair que l'inégalité suivante est vérifiée pour tout s :

$$\varphi_1(s) = c_1(\gamma(s)) + \gamma(s)s \leq c_1(0),$$

puisque le responsable peut éviter de payer s à un coût $c_1(0)$. Elle implique que $\gamma(s)$ tend vers 0 quand s tend vers l'infini et, par conséquent, que $\lim_{s\to+\infty} \varphi_1(s) = c_1(0)$.

Si $\lim_{p\to 0} c_1(p) = +\infty$, supposons que $\varphi_1(s)$ soit bornée par k. Alors, l'inégalité :

$$\varphi_1(s) = c_1(\gamma(s)) + \gamma(s)\, s \leq k$$

induit une contradiction : $\gamma(s)$ tend vers 0 et, par conséquent, $c_1(\gamma(s))$ tend vers l'infini, quand s tend vers l'infini. On conclut que $\lim_{s\to+\infty} \varphi_1(s) = +\infty$.

La démonstration pour $\varphi_2(s)$ est identique.

*** Existence et unicité de $\overline{s}$:**

On déduit de ces résultats que le coût du responsable, donné par $\varphi(s) = \min\{\varphi_1(s), \varphi_2(s)\}$, est continu et strictement croissant, et prend toutes les valeurs entre 0 et $\min\{\lim_{p\to 0} c_1(p), \lim_{q\to 0} c_2(q)\}$ (avec par convention d'écriture, pour le cas où $\lim_{p\to 0} c_1(p) = \lim_{q\to 0} c_2(q) = +\infty$, $\min\{+\infty, +\infty\} = +\infty$). Il existe une indemnité seuil $\overline{s}$ telle que $\varphi(\overline{s}) = c_1(\overline{p})$ si, et seulement si, la norme $\overline{p}$ vérifie $c_1(\overline{p}) < \lim_{q\to 0} c_2(q)$. Elle est unique car $\varphi(s)$ est strictement croissant.

Bibliographie

Becker G.S. (1968), « Crime and Punishment: An Economic Approach » Journal of Political Economy, 76 : 169-217.

Boyd J. et D.E. Ingberman (1999), « Do Punitive Damages Promote Deterrence », International Review of Law and Economics, 19 : 47-68.

Calabresi G., The Costs of Accidents, Yale University Press, 1970.

Boyer M. et J.-J. Laffont (1997), « Environmental Risks and Bank Liability », European Economic Review, 41 : 1427-1459.

Fluet C. (1998), « Régulation des risques et insolvabilité : le rôle de la responsabilité pour faute en information imparfaite », Working Paper de l'UQAM No. 9802.

Kolstad C.D., T.S. Ulen et G.V. Johnson (1990), « Ex post liability for harm vs. Ex ante safety regulation: substitutes or complements? », American Economic Review, 80 (4) : 888-901.

Lewis T.R. et D.E.M. Sappington (2001), « How Liable Should a Lender Be ? The Case of Judgment-Proof Firms and Environmental Risk : Comment », American Economic Review, 91(3) : 724-730.

Malik A.S. (1990), « Avoidance, screening and optimum enforcement », Rand Journal of Economics, 21 (5) : 341-353.

Mattiacci G. et G. de Geest (2003), « Judgment Proofness under Four Different Precaution Technologies », Law and Economics Working Paper Series, No : 03-16.

Pitchford R. (1995), « How liable should a lender be? The case of judgment proof firms and environmental risk », American Economic Review, 85 (5) : 1171-1186.

Polinsky A.M. et S. Shavell (1979), « The Optimal Tradeoff between the Probability and the Magnitude of Fines », American Economic Review, 69 (5) : 880-891.

Polinsky A.M. et S. Shavell (1997), « Punitive Damages », The New Palgrave Dictionary of Economics and the Law.

Polinsky A.M. et S. Shavell (2000), « The Economic Theory of Public Enforcement of Law », Journal of Economic Literature, 38 : 45-76.

Ringleb A.H. et S.N. Wiggins (1990), « Liability in large scale, long-term hasards », Journal of Political Economy, 98 (3) : 574-595.

Shavell S. (1980), « Strict Liability versus Negligence », Journal of Legal Studies, 9 (1) : 1-25.

Shavell S. (1984), « A Model of Optimal Use of Liability and Safety Rgulation », Rand Journal of Economics, 15 (2) : 271-280.

Wittman D. (1977), « Prior Regulation versus Post Liability : The Choice between Input and Output Monitoring », Journal of Legal Studies, 6 (1) : 193-211.