

## **PARVEST GLOBAL**

### **KOMPARTIMENT VAN PARVEST SICAV NAAR LUXEMBURGS RECHT**

#### **TIJD VOOR WERELDWIJD-BELEGGEN IN AANDELEN**

**EN OBLIGATIES** PARVEST GLOBAL belegt internationaal in een waaier van aandelen van uitstekende ondernemingen en in obligaties van eersterangsdebiteuren in diverse munten. Omdat PARVEST GLOBAL de samenstelling van haar portefeuille steeds aanpast aan de economische verwachtingen in bepaalde landen of continenten, vermijdt de belegger kostenverwekkende arbitrages tussen fondsen.

Dit verhoogt in belangrijke mate de netto-opbrengst van het kapitaal.

Vraag de prospectus en het laatste periodiek verslag over PARVEST in één van de Paribas-kantoren.



**PARIBAS BANK**  
BELGIE

PARIBAS BANK BELGIE N.V. - Emile Jacqmainlaan 162 - 1210 Brussel  
Tel. 02/220.41.11 - Fax 02/218.51.42

Wilfried Pauwels \*

Filip Roodhooft \*

## **De principaal/agent-literatuur: een overzicht**

*Dit artikel geeft een inzicht in de principaal/agent-literatuur. In deze literatuur staat centraal dat een persoon een contract afsluit met één of meerdere andere personen om, tegen een bepaalde vergoeding, een opdracht uit te voeren. In het eerste deel wordt het basismodel besproken. In het tweede deel komen een aantal belangrijke uitbreidingen van het basismodel aan bod.*

### **Inleiding**

Dit artikel beoogt de niet-specialist een eenvoudig maar toch gefundeerd overzicht te geven van de ontwikkelingen die zich de laatste tien à vijftien jaar hebben voorgedaan in de principaal/agent-literatuur. In deze periode is het principaal/agent-model uitgegroeid tot een nieuwe methodologie met belangwekkende economische en bedrijfseconomische toepassingen.

Met dit overzicht willen we een inzicht geven in het basismodel dat gehanteerd wordt in de principaal/agent-literatuur, en aangeven hoe dit basismodel gedurende de laatste jaren in diverse opzichten werd uitgebreid. Bovendien wensen we dit overzicht te geven op een niet-wiskundige wijze, ook al is de betrokken literatuur vaak erg technisch en wiskundig. Om te voorkomen dat onze behandeling hierdoor al te oppervlakkig en vaag zou blijven, hebben we de belangrijkste principes en resultaten geïllustreerd aan de hand van enkele goed gekozen numerieke voorbeelden.

\* Universiteit Antwerpen (UFSIA). De auteurs danken twee anonieme referees voor hun opmerkingen en suggesties.

Het is niet de bedoeling van dit artikel om een overzicht te geven van de diverse toepassingen van het principaal/agent-model. Zulk een overzicht zou vlg erg technisch worden. Bovendien zou het ook zo een grote verscheidenheid aan specialiteiten (beheer van publieke ondernemingen, marketing, accounting, verzekeringswezen, gezondheidszorg, financiering, optimale taxatie enz.) moeten omvatten, dat dit wellicht niet erg zinvol is.

Ons artikel is als volgt gestructureerd. In het eerste deel bestuderen we het basismodel van de principaal/agent-literatuur: wat zijn de ingrediënten van dit model en wat zijn de optimale oplossingen ervan onder diverse hypothesen met betrekking tot de beschikbare informatie? In het tweede deel worden de recent ontwikkelde uitbreidingen van dit model behandeld. Deze situeren zich op drie domeinen: de studie van diverse informatiestructuren waarbinnen beslissingen genomen moeten worden, de invoering van meerdere partijen in het model en de invoering van meerdere periodes. Voor sommige van deze uitbreidingen worden numerieke voorbeelden uitgewerkt.

## 1. Basismodel

Het basismodel van de principaal/agent-literatuur betreft een situatie waarbij een persoon, de principaal (P), een contract sluit met een andere persoon, de agent (A). Daarbij verbindt A zich ertoe om, tegen een vergoeding, voor P een bepaalde opdracht uit te voeren.

Dit basismodel behandelen we nu verder in detail. In paragraaf A stellen we de essentiële ingrediënten van het model systematisch voor. vervolgens bepalen we de optimale inspanning van A en de optimale vergoeding van A door P onder twee tegengestelde assumpties: het geval waarbij P geïnformeerd is over de door A geleverde inspanning (paragraaf B), en het geval waarbij dat niet zo is (paragraaf C). Goede behandelingen van dit basismodel vindt men onder andere in Bamberg en Spremann (1987), Demski (1976, 1980), Grossman en Hart (1983), Holmström (1979), Kreps (1990), Rasmusen (1989), Ross (1973), Shavell (1979), Strong en Walker (1987) en Walker (1987).

### A. Essentiële ingrediënten van het basismodel

Beschouw een contract waarbij A er zich tegenover P toe verbindt om een bepaalde opdracht uit te voeren. Voor de uitvoering van die op-

dracht kan A kiezen uit een aantal mogelijke acties. Voor hetgeen volgt is het essentieel te stellen dat het resultaat van een bepaalde actie van A niet eenduidig bepaald is. Bij elke actie kunnen zich nog verschillende mogelijke resultaten voordoen. Onzekerheid over deze resultaten kan worden ingebouwd door aan te nemen dat verschillende 'toestanden van de omgeving' mogelijk zijn. Het is dan de actie gekozen door A die, samen met de toevallige realisatie van een toestand van de omgeving, leidt tot een bepaald resultaat. Laat S de verzameling zijn van alle mogelijke toestanden van de omgeving, en laat  $\Pi(s)$ ,  $s \in S$ , de waarschijnlijkheid voorstellen dat toestand s zich realiseert. Laat E de verzameling zijn van alle mogelijke acties van A. De keuze door A van een actie  $e \in E$ , samen met de realisatie van een toestand  $s \in S$ , leidt tot een resultaat dat we kunnen voorstellen door x. We bekommen aldus een 'produktiefunctie':

$$x = x(e, s) \quad (1)$$

In wat volgt zullen we steeds aannemen dat x wordt uitgedrukt in franken. Zo zullen we ook altijd aannemen dat een actie  $e \in E$  van A de vorm aanneemt van een inspanning, waarvan de grootte wordt weergegeven door een niet-negatief reëel getal e.

Tabel 1 illustreert het voorgaande. Dit voorbeeld werd overgenomen uit Strong en Walker (1987, p. 168). Hierin wordt aangenomen dat er zich vier verschillende toestanden kunnen voordoen, met de aangegeven waarschijnlijkheden. Er zijn drie mogelijke actieniveaus van A:  $e_1 = 6$ ,  $e_2 = 5$  en  $e_3 = 4$ . Het resultaat van alle mogelijke acties in alle mogelijke toestanden wordt aangegeven in de tabel. Deze cijfers zijn uitgedrukt in franken.

Tabel 1  
Voorbeeld van een produktiefunctie  $x(e, s)$

	s1	s2	s3	s4	verwachte opbrengst
	$\Pi(s1)=0,3$	$\Pi(s2)=0,3$	$\Pi(s3)=0,2$	$\Pi(s4)=0,2$	
$e_1=6$	55.000	55.000	55.000	40.000	52.000
$e_2=5$	55.000	55.000	40.000	40.000	49.000
$e_3=4$	55.000	40.000	40.000	40.000	44.500

In dit voorbeeld wordt ondersteld dat een hogere inspanning vanwege A leidt tot een hogere verwachte opbrengst.

Beschrijven we nu de *preferenties van A*. Zoals reeds vermeld ontvangt A een vergoeding van P voor de uitgevoerde opdracht. Laten we deze vergoeding voorstellen door  $w$ , uitgedrukt in franken. Anderzijds hebben we de actie van A geïnterpreteerd als een inspanning waarvan de grootte wordt weergegeven door  $e$ . De nutsfunctie  $U^A(\cdot)$  van A kunnen we dan beschouwen als een functie van  $w$  en  $e$ :  $U^A(w, e)$ . De waarde hiervan zal toenemen bij toenemende waarden van  $w$ , en bij afnemende waarden van  $e$ .

In wat volgt zullen we zien dat we in het basismodel kunnen aannemen dat de vergoeding  $w$  afhankelijk wordt gesteld van het resultaat  $x$ . Dan wordt  $w$  een functie  $w(x) = w[x(e, s)]$ . Een bepaalde actie  $e$  door A leidt dan, met een waarschijnlijkheid  $\Pi(s)$ , tot het resultaat  $x(e, s)$ , en geeft dan aanleiding tot een vergoeding  $w[x(e, s)]$ . A geniet in dit geval een nut van  $U^A[w[x(e, s)], e]$ , met waarschijnlijkheid  $\Pi(s)$ . We zullen nu aannemen dat het nut van een actie  $e$  wordt weergegeven door de verwachte waarde van deze nuttigheden. Dit verwachte nut wordt gegeven door:

$$\sum_{s \in S} U^A[w[x(e, s)], e] \pi(s) \quad (2)$$

In het numerieke voorbeeld dat we verder zullen uitwerken, nemen we aan dat  $U^A(\cdot)$  van de volgende speciale vorm is:

$$U^A(w, e) = \sqrt{w} - e^2 \quad (3)$$

Deze functionele vorm impliceert dat A risico-avers is. De betekenis van deze risico-aversie is de volgende. Stel dat een actie  $e$  door A aanleiding geeft tot een betaling door P van  $w = 10$  BEF met kans  $1/2$ , en van  $w = 0$  BEF met kans  $1/2$ . A wordt dan geconfronteerd met een onzeker vooruitzicht. Stel nu, als een tweede mogelijkheid, dat A een *zekere* betaling kan ontvangen van een bedrag gegeven door de verwachte opbrengst  $(1/2) * 10 + (1/2) * 0 = 5$  BEF. Welke mogelijkheid verkiest A? Indien A de eerste (tweede) mogelijkheid verkiest boven de tweede (eerste), dan vertoont A risico-voorkeur (risico-aversie). Indien A onverschillig is tussen beide mogelijkheden, dan is A risico-neutraal.

Indien nu de preferenties van A weergegeven kunnen worden door (3), is het eenvoudig in te zien dat hij risico-afkerig is. Stel dat een actie  $e$  door A resulteert in een onzeker vooruitzicht: een betaling van  $w = 10$  BEF met kans  $1/2$ , en van  $w = 0$  BEF met kans  $1/2$ . Het verwachte nut voor A van deze actie  $e$  is dan:

$$\frac{1}{2}[\sqrt{10} - e^2] + \frac{1}{2}[\sqrt{0} - e^2] = \frac{1}{2}[\sqrt{10}] - e^2$$

Indien nu eenzelfde actie  $e$  aanleiding zou geven tot een *zekere* betaling door P van 5 BEF, dan is het nut van deze actie gegeven door  $\sqrt{5} - e^2$ . Vermits:

$$\sqrt{5} - e^2 > \frac{1}{2} \sqrt{10} - e^2$$

zal A de tweede mogelijkheid verkiezen boven de eerste. A is bijgevolg risico-afkerig.

Beschouwen we nu de *preferenties van P*. P is geïnteresseerd in het resultaat  $x$ , en in de betaling  $w$  die hij doet aan A. Indien A de actie  $e$  kiest, en indien, met een waarschijnlijkheid  $\Pi(s)$ , toestand  $s$  zich realiseert, dan is het netto financieel resultaat voor P gegeven door:

$$x(e, s) - w[x(e, s)]$$

In de voorbeelden die we verder zullen geven, zullen we steeds aannemen dat, voor een gegeven beloningsfunctie  $w(\cdot)$ , het nut voor P van een actie  $e$  van A gegeven wordt door de verwachte netto-opbrengst:

$$\sum_{s \in S} [x(e, s) - w[x(e, s)]] \pi(s) \quad (4)$$

Dit impliceert dat P risico-neutraal is. De betekenis hiervan is de volgende. Stel dat een actie  $e$  van A aanleiding geeft tot een netto-resultaat voor P van 10 BEF met een kans  $1/2$  en van 0 BEF met een kans  $1/2$ . Het verwachte nut hiervan voor P is dan gegeven door de verwachte opbrengst:

$$\frac{1}{2}(10) + \frac{1}{2}(0) = 5$$

Indien nu een actie van A aanleiding zou geven tot een *zekere* opbrengst voor P van 5 BEF, dan is het nut hiervan ook gelijk aan 5 BEF. P is dus onverschillig tussen beide mogelijkheden. De hiervoor gemaakte assumpties dat A risico-avers is, en P risico-neutraal, kunnen evident gewijzigd worden. Niettemin zijn het in de principaal/agent-literatuur assumpties die zeer vaak gemaakt worden.

## B. De allerbeste ('first best') oplossing

Laten we nu, als een eerste mogelijkheid, aannemen dat P perfect geïnformeerd is over de door A geleverde inspanning  $e$ . Tussen P en A wordt er dan een 'forcing contract' gesloten: P verbindt zich ertoe een bedrag  $w$  aan A te betalen als en enkel als A een inspanning  $e$  levert. Deze inspanning  $e$  is voor P direct observeerbaar.

Het komt er dan voor P op aan om zulk een inspanning  $e$  en zulk een vergoedingsfunctie  $w(\cdot)$  te bedingen dat zijn verwachte netto-opbrengst (4) maximaal is. Vanzelfsprekend zal A zo maar niet met elke combinatie van  $e$  en  $w(\cdot)$  akkoord gaan. Laten we aannemen dat hij voor zijn inzet een alternatieve aanwendingsmogelijkheid heeft waarbij hij zich een verwacht nut van  $U^*$  kan garanderen. Dit geeft aanleiding tot de *participatienevenvoorwaarde*, of de *nevenvoorwaarde van individuele rationaliteit*.

Het probleem voor P is dan:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Max}_{e, w} \sum_{s \in S} [x(e, s) - w(x(e, s))] \Pi(s) \\ \text{n.v. } \sum_{s \in S} U^A[w(x(e, s)), e] \Pi(s) \geq U^* \end{array} \right\} \quad (5)$$

(n.v. betekent: onder de nevenvoorwaarde dat)

Men kan nu aantonen dat de optimale beloningsfunctie  $w(\cdot)$  onafhankelijk is van het resultaat  $x$ . Met andere woorden, indien P perfect geïnformeerd is over  $e$ , en indien  $\hat{e}$  de optimale inspanning voorstelt van A, dan is de optimale vergoeding  $\hat{w}$  een constant bedrag, onafhankelijk van de toestand  $s$  die zich realiseert, en dus ook onafhankelijk van het gerealiseerde resultaat  $x(\hat{e}, s)$ . Alle gevolgen van de onzekerheid worden dus gedragen door P. Vanuit het standpunt van A is alle onzekerheid verdwenen: voor de inspanning  $\hat{e}$  ontvangt hij een vast bedrag  $\hat{w}$ , welke toestand  $s$  zich ook realiseert. Dit resultaat illustreert de volgende algemene regel: indien bij een transactie één partij risico-avers is en de andere risico-neutraal, dan is het efficiënt voor de risico-neutrale partij om alle risico op zich te nemen.

We zullen nu, bij wijze van illustratie, probleem (5) oplossen voor het geval de functie  $x(e, s)$  gegeven is zoals in tabel 1, en voor het geval de functie  $U^A(w, e)$  gegeven is door (3). Laten we ook aannemen dat  $U^*$  gelijk is aan 100. Indien dan P de actie  $e_1 = 6$  wil afdwingen van A, en indien P hiervoor een vergoeding  $w$  betaalt onafhankelijk van het resultaat  $x$ , dan moet  $w$  voldoen aan:

$$\sqrt{w} - 36 \geq 100 \text{ of } w \geq 18.496$$

Bij  $w = 18.496$  is de verwachte netto-opbrengst van P gegeven door:

$$0,8 (55.000) + 0,2 (40.000) - 18.496 = 52.000 - 18.496 = 33.504$$

De waarden van  $w$ , vereist voor het afdwingen van de waarden  $e_2 = 5$  en  $e_3 = 4$  worden weergegeven in tabel 2, samen met de voor P verwachte netto-opbrengsten.

Tabel 2

Afleiding van de allerbeste oplossing indien  $x(e, s)$  gegeven wordt door tabel 1

Door P afgedwongen actie bij A	Vereist loon bij		Verwachte netto-opbrengst voor P
	$x=40.000$	$x=55.000$	
$e_1 = 6$	18.496	18.496	33.504
$e_2 = 5$	15.625	15.625	33.375
$e_3 = 4$	13.456	13.456	31.044

Uit deze tabel blijkt dat de allerbeste keuze van P een vergoeding inhoudt van 18.496 frank aan A. Hierdoor is hij zeker van een (observeerbare en dus contractueel afdwingbare) inzet vanwege A van  $e_1 = 6$ . Zijn verwachte netto-opbrengst is dan maximaal, namelijk 33.504 frank.

## C. De naastbeste ('second best') oplossing

Laten we nu aannemen dat P niet meer perfect geïnformeerd is over de inspanning  $e$  van A. Zo is b.v. een verkoopdirecteur nooit perfect geïnformeerd over de inspanning die een verkoper levert. Zo is ook b.v. een cliënt van een advocaat of een geneesheer vaak niet geïnformeerd over de echte inspanning die deze leveren. Enkel het resultaat  $x$  is observeerbaar, maar P weet niet in welke mate dit resultaat bepaald werd door  $e$  of door  $s$ .

Is het in ons numeriek voorbeeld van tabel 1 en 2 nu nog optimaal voor P om A een vergoeding te betalen van 18.496 frank, onafhankelijk van het gerealiseerde resultaat? Stel dat P dit zou doen. Dan heeft A er belang bij om de minste inspanning  $e_3 = 4$  te leveren. Dit verzekert A een nut van:  $\sqrt{18.496} - 16 = 120$ . Dit is meer dan  $U^* = 100$ . A kan tegenover P altijd beweren dat hij de grotere inspanning  $e_1 = 6$  heeft gele-

verd. De observatie van het resultaat ( $x = 55.000$  of  $x = 40.000$ ) is nooit een bewijs van bedrog door A. Ook bij een resultaat  $x = 40.000$  kan A beweren dat hij een inspanning  $e_1 = 6$  leverde, maar dat men ongeluk heeft gehad doordat toestand  $s_4$  zich realiseerde.

De bovenstaande problematiek is de kern van het probleem van 'moral hazard' (of 'hidden action'). Indien P niet volledig geïnformeerd is over de inspanning  $e$  van A, is de allerbeste oplossing niet meer realiseerbaar. De reden hiervoor is dat de voor A voorziene betaling niet langer de correcte prikkel geeft aan A om de voorziene inspanning te leveren.

Hoe kan P er nu A toch toe aanzetten om die inspanning te leveren die P wenst dat hij levert? P kan dit bereiken door de vergoeding van A afhankelijk te maken van de geobserveerde waarde van  $x$ . Doordat deze gerealiseerde waarde van  $x$  mede afhangt van het toeval, hangt de vergoeding van A ook af van de gerealiseerde toestand  $s \in S$ . De gevolgen van de onzekerheid, waarmee de realisatie van  $s \in S$  gepaard gaat, worden nu dus ook gedragen door A.

We illustreren het voorgaande aan de hand van ons numeriek voorbeeld. Hier kunnen zich twee resultaten voordoen: 40.000 of 55.000. Laten we de vergoeding die P aan A betaalt indien resultaat  $x = 40.000$  ( $x = 55.000$ ) zich voordoet, voorstellen door  $w_{40}$  ( $w_{55}$ ). Door aangepaste waarden voor  $w_{40}$  en  $w_{55}$  te bepalen, kan P ervoor zorgen dat het in het eigen belang is van A om die waarde van  $e$  te kiezen die P wenst dat A kiest. Stel b.v. dat P wenst dat A de waarde  $e_1 = 6$  kiest, dan moet P  $w_{40}$  en  $w_{55}$  zo bepalen dat:

$$0,8 [\sqrt{w_{55}-36}] + 0,2 [\sqrt{w_{40}-36}] \geq 100 \quad (6)$$

$$0,8 [\sqrt{w_{55}-36}] + 0,2 [\sqrt{w_{40}-36}] \geq 0,6 [\sqrt{w_{55}-25}] + 0,4 [\sqrt{w_{40}-25}] \quad (7)$$

$$0,8 [\sqrt{w_{55}-36}] + 0,2 [\sqrt{w_{40}-36}] \geq 0,3 [\sqrt{w_{55}-16}] + 0,7 [\sqrt{w_{40}-16}] \quad (8)$$

Restrictie (6) legt op dat het verwachte nut van A bij  $e_1 = 6$  ten minste gelijk moet zijn aan het verwachte nut  $U^* = 100$  dat A kan bereiken in zijn beste alternatieve betrekking. Dit is weer de participatienevenvoorwaarde die we reeds ontmoet hebben bij de allerbeste oplossing.

Nevenvoorwaarden (7) en (8) leggen op dat het verwachte nut voor A bij  $e_1 = 6$  minstens zo groot moet zijn als het verwachte nut voor A bij

$e_2 = 5$  en  $e_3 = 4$ . Deze nevenvoorwaarden noemt men 'incentive compatibility constraints'.

In het algemeen zullen er oneindig veel waarden zijn voor  $w_{40}$  en  $w_{55}$  die voldoen aan de ongelijkheden (6), (7) en (8). P zal daarvoor die waarden kiezen waarbij zijn verwachte uitgaven minimaal zijn. Daarvoor moet hij het volgende probleem oplossen:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Min}_{w_{40}, w_{55}} 0,8 w_{55} + 0,2 w_{40} \\ \text{n.v. (6), (7), (8)} \\ w_{40} \geq 0, w_{55} \geq 0 \end{array} \right\} \quad (9)$$

De oplossing van dit probleem is gegeven door  $w_{40} = 8.464$  en  $w_{55} = 21.609$ . De minimaal verwachte uitgave voor P is dan  $(0,8)(21.609) + (0,2)(8.464) = 18.980$ . De verwachte netto-opbrengst voor P is dan  $52.000 - 18.980 = 33.020$ .

Op volkomen analoge wijze kunnen we nu ook de waarden  $w_{40}$  en  $w_{55}$  berekenen die, tegen een voor P minimale verwachte uitgave, A ertoe zullen aanzetten om de inspanning  $e_2 = 5$  of  $e_3 = 4$  te leveren. Deze waarden worden weergegeven in tabel 3. In de laatste kolom van deze tabel wordt ook de verwachte netto-opbrengst van P gegeven.

Tabel 3  
Afdleiding van de naastbeste oplossing indien  $x(e,s)$  gegeven wordt door tabel 1

Door P uitgelokte actie bij A	Vereist loon bij		Verwachte netto-opbrengst voor P
	$x=40.000$	$x=55.000$	
$e_1 = 6$	8.464	21.609	33.020
$e_2 = 5$	11.449	18.769	33.159
$e_3 = 4$	13.456	13.456	31.044

Uit deze tabel blijkt dat de verwachte netto-opbrengst van P het grootst is wanneer hij bij A de inspanning  $e_2 = 5$  uitlokt. Dit noemt men de naastbeste ('second best') oplossing voor P. Merk op dat  $w_{40}$  gelijk is aan  $w_{55}$  indien P de laagst mogelijke inspanning  $e_3 = 4$  uitlokt.

Aan de hand van tabel 2 en 3 kunnen we nu een vergelijking maken tussen de allerbeste en de naastbeste oplossing. Het essentiële onderscheid tussen beide oplossingen heeft te maken met de observeerbaarheid van  $e$ . In de allerbeste oplossing is  $e$  perfect observeerbaar voor P.

In dit geval is het nooit optimaal om A te laten delen in de bestaande onzekerheid. De vergoeding van P aan A is een constante (18.496 in ons voorbeeld), welke toestand  $s$  zich ook realiseert. De allerbeste waarde van  $e$  is  $e_1 = 6$ , en de verwachte netto-opbrengst van P is 33.504.

In de naastbeste oplossing is  $e$  niet meer observeerbaar voor P. Om in dit geval A ertoe aan te zetten een inspanningsniveau te leveren dat groter is dan de minimale inspanning, zal het nodig zijn A te laten delen in de onzekerheid. Dit gebeurt door zijn vergoeding te laten afhangen van het resultaat  $x$ . Het blijkt nu dat de minimale uitgave voor P, vereist om A aan te zetten tot de inspanning  $e_1 = 6$ , zo groot is dat de verwachte netto-opbrengst voor P kleiner is dan de verwachte netto-opbrengst indien A tot  $e_2 = 5$  wordt aangezet. De naastbeste waarde van  $e$  is dan  $e_2 = 5$ , en de verwachte netto-opbrengst van P is 33.159.

Het feit dus dat P de grootte van  $e$  niet kan observeren, kost hem  $33.504 - 33.159 = 345$  frank. De kennis van de correcte waarde van  $e$  is P dan 345 frank waard.

Voor een algemene produktiefunctie  $x(e, s)$ , en voor een algemene nutsfunctie  $U^A(w, e)$  kan de naastbeste oplossing gevonden worden door het volgende probleem op te lossen:

$$\text{Max}_{e, w_0} \sum_{s \in S} [x(e, s) - w[x(e, s)]] \pi(s) \quad (10)$$

$$\text{n.v.} \sum_{s \in S} U^A[w[x(e, s)], e] \pi(s) \geq U^* \quad (11)$$

$$e \in \text{argmax}_{e \in E} \sum_{s \in S} U^A[w[x(\bar{e}, s)], \bar{e}] \pi(s) \quad (12)$$

Hierin is (11) de veralgemening van de participatievenvoorwaarde (6), en is (12) de veralgemening van de 'incentive compatibility constraints' (7) en (8). Met de notatie  $\text{argmax}_{e \in E} \{ \}$  bedoelt men de verzameling van alle waarden van  $e$  die de functie tussen de haken maximaliseren, in casu het verwachte nut van A bij een vergoedingsfunctie  $w(\cdot)$ . (12) zorgt er dus voor dat het, bij de vergoedingsfunctie  $w(\cdot)$ , in het eigenbelang is van A om die waarde van  $e$  te kiezen die voor P de beste is.

De problematiek van 'moral hazard' heeft veel toepassingen. We vermelden er hier vier van. Een eerste toepassingsgebied wordt gevormd door de publieke en privé-ondernemingen (Antle en Demski, 1988; Baiman, 1982, 1990; Baiman en Noel, 1985; Eisenhardt, 1989; Gjesdal, 1981; Hart en Holmström, 1987; Holmström en Ricart i Costa, 1986;

Holmström en Tirole, 1987; Jensen en Meckling, 1976; Lambert, 1984; Penno, 1984; Strong en Walker, 1987). In grote bedrijven bestaat een raad van bestuur. Deze raad delegeert beslissingen aan de directie van de onderneming. De acties van de directie van de onderneming beïnvloeden het nut van de leden van de raad van bestuur. Deze acties kunnen echter door de leden van de raad van bestuur niet worden geobserveerd. Er ontstaat ook een principaal/agent-relatie tussen de directie van de onderneming en de managers van de diverse afdelingen. Deze managers ondernemen acties die het nut van de directieleden beïnvloeden. Deze acties kunnen echter opnieuw niet worden waargenomen. In de domeinen van accounting (de verdeling van joint costs, transfertprijzen, variantie-analyse, ...), financiering (investerings-, financierings- en dividendpolitiek), marketing (de vergoeding van verkopers) en organisatieleer worden de ideeën van de principaal/agent-literatuur daarom meer en meer toegepast.

Ook in de verzekeringswereld (Harris en Raviv, 1978; Rasmusen, 1989) staat het principaal/agent-probleem centraal. Stel een verzekeringsnemer (A) die een levensverzekeringscontract afsluit bij een verzekeringsmaatschappij (P). Indien de verzekeringsnemer gezond leeft, heeft hij minder kans om vóór een bepaalde leeftijd te sterven. De verzekeringsmaatschappij kan de acties die de verzekeringsnemer stelt in verband met zijn gezondheid echter niet observeren. Deze acties bepalen echter wel de verwachte uit te keren bedragen.

Op juridisch vlak (Harris en Raviv, 1978; Rasmusen, 1989) ontstaan eveneens principaal/agent-problemen. Wanneer een cliënt (P) een advocaat (A) aanspreekt om zijn belangen te verdedigen, zal de advocaat acties ondernemen om de cliënt te verdedigen. De cliënt kan de acties van de advocaat niet observeren. Het enige observeerbare is het resultaat dat de advocaat bereikt.

De relatie tussen de patiënt (P) en de geneesheer (A) is eveneens een principaal/agent-relatie (Harris en Raviv, 1978). De geneesheer krijgt van de patiënt de opdracht om de gezondheidssituatie van de patiënt te optimaliseren. Daartoe verricht hij gespecialiseerde acties (een behandeling). De patiënt kan onmogelijk observeren of de geneesheer wel de optimale acties stelt, gegeven het gezondheidsprobleem van de patiënt. Toch bepalen de acties van de geneesheer in belangrijke mate de gezondheidssituatie van de patiënt na de behandeling.

## 2. Uitbreidingen van het basismodel

In dit tweede deel bespreken we diverse uitbreidingen van het basismodel. De eerste paragraaf bevat een algemeen overzicht; daarna gaan we op drie uitbreidingen dieper in. De tweede paragraaf behandelt het geval waarin het resultaat  $x$  fijner beschreven wordt. In de derde paragraaf bespreken we het geval waarin publieke informatie over de toestand van de omgeving beschikbaar is na de actie van de agent. Tenslotte wordt in de vierde paragraaf een monitor geïntroduceerd.

### A. Algemeen overzicht

Het basismodel van de principaal/agent-literatuur dat we zopas behandeld hebben, kan in diverse opzichten uitgebreid worden. Zo kunnen we nagaan wat de gevolgen zijn van de aanwezigheid van extra informatie voor A en/of P. Ook kunnen naast A en P nog andere spelers in het model geïntroduceerd worden. We denken hierbij vooral aan een monitor of supervisor (iemand die door P wordt ingehuurd om een rapport over A te schrijven), of aan een bijkomende agent. Tenslotte kan het basismodel uitgebreid worden tot meerdere periodes.

#### 1. Introductie van informatie in het basismodel

In het voorgaande basismodel hebben we, met betrekking tot de voor P beschikbare informatie, twee mogelijkheden beschouwd. Bij de allerbeste oplossing was P volledig geïnformeerd over de door A gepresteerde inspanning. In de naastbeste oplossing beschikte P enkel over informatie met betrekking tot de inspanning  $e$ , voor zover deze informatie afgeleid kon worden uit de observatie van het resultaat  $x$ .

Laten we nu, om de bovenstaande mogelijkheden te verruimen, eerst even ingaan op de vraag wat we bedoelen wanneer we zeggen dat een bepaalde beslissingsagent (P of A) in één geval over meer informatie beschikt dan in een ander geval. Hiermee zou men kunnen bedoelen dat in het ene geval het resultaat  $x$  nauwkeuriger omschreven wordt dan in het andere geval (Antle en Demski, 1988; Holmström, 1979; Kanodia, 1985). Zo kan  $x$  beschreven worden aan de hand van één getal, of ook aan de hand van een vector die diverse karakteristieken van het resultaat belicht. Een voorbeeld van deze uitbreiding wordt behandeld in paragraaf B.

Het is ook mogelijk dat we met extra informatie bedoelen dat er meer informatie is met betrekking tot de toestanden  $s_i \in S$  (Baiman en Evans, 1983; Christensen, 1981, 1982; Dye, 1983; Holmström, 1979). De notie van een *informatiefunctie* staat hier centraal. Hiermee wordt een functie  $\eta: S \rightarrow Y$  bedoeld die met elke toestand  $s_i$  een signaal  $\eta(s_i) = y_i$  associeert. We nemen hierbij aan dat elke toestand aanleiding geeft tot één en slechts één signaal. Het is wel mogelijk dat verschillende toestanden aanleiding geven tot eenzelfde signaal. Definieer dan, voor een willekeurig signaal  $y_i$  de verzameling:

$$\eta^{-1}(y_i) = \{s_i \in S \mid \eta(s_i) = y_i\}$$

Deze verzameling bevat dan alle toestanden die aanleiding geven tot eenzelfde signaal  $y_i$ .

Indien nu een beslissingsagent een signaal  $y_i$  ontvangt, dan weet deze agent daardoor dat één van de toestanden uit de verzameling  $\eta^{-1}(y_i)$  zich heeft voorgedaan, of zich zal voordoen, naar gelang van het tijdstip waarop dit signaal ontvangen wordt.

Stel dat b.v.  $S = \{s_1, s_2, s_3\}$ , en dat

$$\eta(s_1) = \eta(s_2) = y_1$$
$$\eta(s_3) = y_2$$

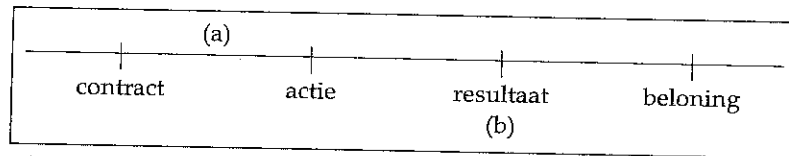
Dan weet de beslissingsagent die signaal  $y_1$  ontvangt dat  $s_3$  zich niet heeft voorgedaan (of zich niet zal voordoen), maar dat  $s_1$  of  $s_2$  zich hebben voorgedaan (of zich zullen voordoen). Deze informatiefunctie laat toe  $s_1$  en  $s_2$  te onderscheiden van  $s_3$ , maar  $s_1$  en  $s_2$  kunnen niet van elkaar onderscheiden worden.

Men zegt dat  $\eta$  *perfecte informatie* bevat indien verschillende toestanden steeds aanleiding geven tot verschillende signalen. Voor elk signaal  $y_i$  bevat de verzameling  $\eta^{-1}(y_i)$  dan slechts één toestand. De functie  $\eta$  bevat *zero informatie* indien alle toestanden aanleiding geven tot eenzelfde signaal  $y$ . In dit geval is  $\eta^{-1}(y) = S$ . Tussen deze beide extremen bevindt zich het geval van *imperfecte informatie*.

De betekenis en de gevolgen, in het principaal/agent-model, van de aanwezigheid van extra informatie in de vorm van een informatiefunctie  $\eta$  hangt af van het antwoord op de volgende twee vragen.

1. Wie ontvangt het signaal gegeven door  $\eta$ ? Hier zijn er twee mogelijkheden:

- (a) Enkel A ontvangt het signaal van  $\eta$ . Men spreekt dan van private informatie. Een variant hierop doet zich voor wanneer A deze informatie rapporteert aan P, op een al dan niet eerlijke wijze.
- (b) Zowel A als P ontvangen het signaal van  $\eta$ . Men spreekt dan van publieke informatie.
2. Wanneer komt het signaal van  $\eta$  vrij? Beschouwen we hiervoor de volgende tijdsas. In het basismodel beschouwden we hierop vier belangrijke momenten:
- ondertekening van het contract
  - actie  $e$  door A
  - observatie van resultaat  $x$
  - betaling door P aan A van vergoeding  $w$ .



In wat volgt zullen we twee ogenblikken beschouwen waarop de informatie, in de vorm van een signaal  $y$  van  $\eta$ , kan vrijkomen:

- (a) vóór A beslist tot een actie  $e$
- (b) op het ogenblik dat het resultaat  $x$  geobserveerd wordt.
- Beide mogelijkheden worden aangegeven op de tijdsas.

De combinatie van mogelijke antwoorden op beide voorgaande vragen geeft dan aanleiding tot de volgende mogelijkheden:

1. Publieke informatie, na de actie van A
2. Private informatie, vóór de actie van A
3. Publieke informatie, vóór de actie van A
4. Private informatie, na de actie van A.

In de derde paragraaf van dit deel wordt, bij wijze van illustratie, dieper ingegaan op de eerste mogelijkheid.

## 2. Introductie van supplementaire spelers in het basismodel

Een tweede mogelijke uitbreiding van het basismodel ontstaat indien andere personen in het model worden ingebracht. In het basismodel gaat het om de delegatie van beslissingsbevoegdheden van één principaal naar één agent. Het is echter vaak realistischer meer spelers in het model op te nemen.

Ten eerste kan een monitor (ook auditor of supervisor genoemd) worden geïntroduceerd (Cheh en Paik, 1991; Tirole, 1986). Deze wordt door P ingehuurd om een rapport te maken over de actie van A. Op de introductie van zulk een monitor komen we in de vierde paragraaf terug.

Ten tweede is het mogelijk een tweede agent in te voeren (Callen, 1988; Demski en Sappington, 1984; Demski, Sappington en Spiller, 1988; Holmström, 1982; Holmström en Milgröm, 1990; Ma, Moore en Turnbull, 1988; Mookherjee, 1984). P huurt dan twee agenten (A1 en A2) in om een bepaalde opdracht uit te voeren en betaalt hen daarvoor een vergoeding op basis van het geobserveerde resultaat. P maximeert zijn eigen verwachte netto-resultaat. Hij moet daarbij een aantal nevenvoorwaarden respecteren. Zo moet hij ervoor zorgen dat het verwachte nut van A1 en A2 groter is dan het nut dat ze elders kunnen verkrijgen. De 'incentive compatibility constraints' zijn in deze probleemstelling duidelijk ingewikkelder dan voorheen. P moet een loonfunctie ontwikkelen met de eigenschap dat A1 en A2 die acties uitkiezen die P wenselijk acht. In een model met meerdere agenten bestaat er echter een 'spel' tussen de agenten onderling. Zij kiezen immers hun acties gelijktijdig. Om het 'spel' van de agenten in goede banen te leiden, moet P geschikte loonfuncties uitkiezen.

Een eerste mogelijkheid hierbij is dat P zulk een loonfunctie ontwikkelt dat de opgelegde actie voor elke agent optimaal is *bij eender welke actie van de andere agent*. Hij zet dan beide agenten aan tot het voeren van een 'dominante strategie'. Er is ook een andere mogelijkheid: P kan ervoor zorgen dat de agenten die acties kiezen die leiden tot een 'Nash-evenwicht'. Onder een Nash-evenwicht hebben de agenten er geen belang bij een andere actie te kiezen *zolang de andere agent geen andere actie kiest*.

Daarnet werd gesteld dat er verschillende mogelijkheden zijn om het 'spel' tussen de agenten in goede banen te leiden. Er bestaan in een model met meerdere agenten ook verschillende mogelijke interdependencies tussen de acties en resultaten van de twee agenten. In hoofdzak onderscheiden we twee situaties.

In een *eerste situatie* is er slechts één resultaat observeerbaar voor beide agenten samen. Indien er slechts één resultaat observeerbaar is, moeten de beloningen van beide agenten daarop gebaseerd zijn. De afzonderlijke resultaten van de agenten zijn namelijk niet bekend. Het resultaat wordt bepaald door drie elementen: de actie van A1, de actie van A2 en de onzekerheidsfactor. De produktiefunctie (1) is dan van de vorm  $x = x(e_1, e_2, s)$ .



In feite ontstaat er hier een *dubbele 'moral hazard'*. Zelfs onder zekerheid is er hier sprake van 'moral hazard'. De acties van beide agenten leiden immers slechts tot één resultaat. Een slecht resultaat kan nu niet enkel het gevolg zijn van de toevallige realisatie van een 'slechte' toestand  $s \in S$ , maar kan ook het gevolg zijn van een lage inspanning van de andere agent. Holmström (1982, p. 326) bewijst dat het onder zekerheid interessanter is een principaal/agent-relatie te hebben dan de agenten het volledige resultaat onder elkaar te laten verdelen zonder tussenkomst van een principaal.

In een *tweede situatie* is het resultaat van elke agent afzonderlijk observeerbaar. Dit resultaat wordt bepaald door de actie van de agent zelf en de onzekerheidsfactor, maar niet door de actie van de andere agent (geen actie-invloed). Wel kunnen de resultaten van de beide agenten een samenhang vertonen.

In het geval van twee observeerbare resultaten zonder actie-invloed gelden de volgende produktiefuncties:

$$x_1 = x_1(e_1, s_1)$$

$$x_2 = x_2(e_2, s_2)$$

De beloning van een agent kan dan ook gebaseerd zijn op het observeerbare resultaat van de andere agent:

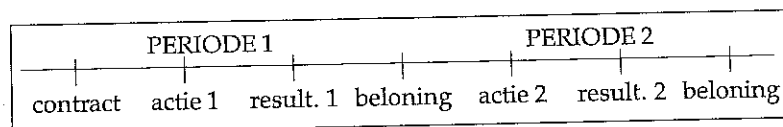
$$w_1 = w_1(x_1, x_2)$$

$$w_2 = w_1(x_1, x_2)$$

De introductie van meerdere agenten bemoeilijkt bijgevolg het probleem in diverse opzichten.

### 3. Introductie van meerdere periodes in het basismodel

Tenslotte wordt in het basismodel verondersteld dat het contract dat P en A afsluiten slechts over één periode loopt. Een meerperiodenmodel sluit echter dichter aan bij de realiteit (Lambert, 1983, 1984; Radner, 1981; Rogerson, 1985; Rubinstein en Yaari, 1983). Met een meerperiodenmodel bedoelen we dat P en A een contract afsluiten voor meerdere periodes. Indien we ons beperken tot twee periodes, kan dit probleem chronologisch als volgt voorgesteld worden.



In een eerste fase wordt het contract afgesloten. Hier is het loon van periode 1 een functie van het resultaat van periode 1. Om het loon van periode 2 te bepalen kan P een beroep doen op de resultaten van periode 1 en van periode 2. Vervolgens kiest A zijn actie in de eerste periode. Daarna wordt het resultaat van periode 1 door beide partijen geobserveerd. Dit resultaat hangt af van de actie in de eerste periode en de onzekerheidsfactor:  $x^1 = x^1(e^1, s^1)$ . Op basis hiervan wordt het loon van de eerste periode vastgesteld:  $w^1 = w^1(x^1)$ . A kiest in de tweede periode actie 2. Bij deze keuze beschikt hij over het resultaat van periode 1. P en A observeren beiden het resultaat van periode 2. Indien het resultaat en de actiekeuze in de eerste periode geen invloed hebben op het resultaat van de tweede periode, betekent dit:  $x^2 = x^2(e^2, s^2)$ . De beloning in de tweede periode kan dan afhankelijk gemaakt worden van beide resultaten:  $w^2 = w^2(x^1, x^2)$ .

Een supplementair probleem bij een meerperiodenmodel wordt gevormd door het 'ratchet effect'. Het is mogelijk dat P op basis van de observatie van het resultaat in periode 1 afleidt dat de door A uit te voeren actie eenvoudig is. Daarom zal A, die zich daarvan bewust is, in de eerste periode geen maximale prestatie leveren om er P zo van te overtuigen dat de uit te voeren actie moeilijk is.

In een meerperiodenprobleem moet P trachten A ertoe aan te zetten in elke periode een bepaalde actie te ondernemen. Omdat P en A het resultaat van periode 1 reeds hebben geobserveerd voor de keuze van de actie van A in periode 2, kan de keuze van de actie in periode 2 afhankelijk worden gemaakt van het geobserveerde resultaat in de eerste periode. Veronderstel dat er twee mogelijke resultaten zijn in periode 1: een resultaat van 100 en een resultaat van 200. In elke periode heeft A de keuze tussen twee acties. Het is dan voor P mogelijk, afhankelijk van het resultaat van A in de eerste periode, verschillende acties in periode 2 af te dwingen.

De volgende combinaties van acties bestaan in dat geval.

$$(e^1_1, e^2_1[100], e^2_1[200])$$

$$(e^1_2, e^2_1[100], e^2_1[200])$$

$$(e^1_1, e^2_2[100], e^2_1[200])$$

$(e_2^1, e_2^2[100], e_2^2[200])$   
 $(e_1^1, e_1^2[100], e_2^2[200])$   
 $(e_2^1, e_2^1[100], e_2^2[200])$   
 $(e_1^1, e_2^2[100], e_2^2[200])$   
 $(e_2^1, e_2^2[100], e_2^2[200])$

Het superscript staat voor de periode waarin de actie gekozen wordt, het subscript voor de gekozen actie. Zo betekent  $(e_1^1, e_2^1[100], e_2^2[200])$  b.v. dat de eerste actie wordt gekozen in de eerste periode en dat de eerste actie wordt gekozen in de tweede periode, ongeacht of het resultaat in de eerste periode gelijk is aan 100 of aan 200.

### B. Fijnere omschrijving van het resultaat

In het basismodel wordt het resultaat  $x$  beschreven aan de hand van één getal. Met een fijnere beschrijving van het resultaat bedoelen we dat het resultaat  $x$  beschreven wordt aan de hand van een vector die diverse karakteristieken van het resultaat belicht. Deze uitbreiding wordt geïllustreerd aan de hand van de literatuur over management accounting.

In de management-accountingliteratuur is men het eens over het volgende principe: managers worden alleen beoordeeld op basis van elementen waarvoor ze verantwoordelijk zijn (*responsibility accounting*). Beloningen, bonussen, promotie en dergelijke worden dan ook veelal hierop gebaseerd.

Antle en Demski (1988) gebruiken een principaal/agent-model voor de volgende situatie. Een onderneming bestaat uit een principaal en een agent. De actie van A is niet observeerbaar voor P. Zowel de kosten als de opbrengsten van de onderneming zijn voor beide partijen observeerbaar. Centraal staat de volgende vraag: dient de beloning van A gebaseerd te zijn op de elementen die door A gecontroleerd worden, en waarvoor A bijgevolg verantwoordelijk is? Antle en Demski passen het traditionele concept van *responsibility accounting* aan. Hun ideeën worden uitgewerkt aan de hand van een voorbeeld. De actieniveaus van A zijn:

$$e_1 \text{ (lage inspanning)} = 0$$

$$e_2 \text{ (hoge inspanning)} = \sqrt{50}.$$

Het nut dat extern kan worden verkregen is gelijk aan 250. Het nut van P bij een bepaalde actie en een gegeven beloningsfunctie is gelijk aan de verwachte netto-opbrengst. De nutsfunctie van A is zoals gegeven in (3).

Tabel 4 geeft de opbrengsten en de kosten (waarin de loonkosten natuurlijk niet vervat zijn) die door de verschillende acties van de manager worden gerealiseerd. De kans op de verschillende toestanden van de omgeving is gelijk aan  $1/3$ .

Tabel 4  
Voorbeeld van een produktiefunctie  $x(e,s)$  (in 000)

		s1	s2	s3
$e_1 = 0$	opbrengsten (O)	800	1.000	1.000
	kosten (K)	400	500	500
$e_2 = \sqrt{50}$	opbrengsten (O)	800	1.000	1.000
	kosten (K)	400	400	500

Volgens de traditionele literatuur over *responsibility accounting* moet de agent alleen beoordeeld worden op basis van de kosten. De opbrengsten heeft hij niet onder controle. Voor de kansen op de verschillende opbrengsten maakt het namelijk niet uit of de agent een lage of een hoge inspanning levert. Hij mag dan ook niet op basis van de opbrengsten beoordeeld en beloond worden.

Het principaal/agent-model lost de probleemstelling echter anders op. Omdat zowel de opbrengsten als de kosten voor P en A observeerbaar zijn, kan de beloning van A hierop gebaseerd worden. Zal P de beloning alleen baseren op de kosten of ook op de opbrengsten? Indien A alleen beloond wordt op basis van de kosten, krijgen we de in tabel 5 gegeven resultaten.

Indien A beloond wordt op basis van zowel opbrengsten als kosten, veranderen de resultaten (tabel 6). We bedoelen met  $x_1$  een combinatie van 800 opbrengsten en 400 kosten. Voorts staan  $x_2$  en  $x_3$  respectievelijk voor 1.000 opbrengsten en 400 kosten en 1.000 opbrengsten en 500 kosten.

Tabel 5

Afleiding van de naastbeste oplossing voor  $x(e,s)$  zoals gegeven in tabel 4 (alleen kosten)

uitgelokte actie bij A	vereist loon bij		verwachte netto-opbrengst van P
	K=400	K=500	
$e_1 = 0$	62.500	62.500	404.170
$e_2 = \sqrt{50}$	122.500	40.000	405.000

Tabel 6

Afleiding van de naastbeste oplossing voor  $x(e,s)$  zoals gegeven in tabel 4 (opbrengsten en kosten)

uitgelokte actie bij A	vereist loon bij			verwachte netto-opbrengst van P
	x1	x2	x3	
$e_1 = 0$	62.500	62.500	62.500	404.170
$e_2 = \sqrt{50}$	140.625	90.000	50.625	406.250

Indien P zowel de opbrengsten als de kosten gebruikt om A te beoordelen, is zijn verwachte netto-opbrengst groter dan wanneer hij alleen kosten gebruikt. Dit wijkt af van de traditionele ideeën van *responsibility accounting*.

De oorzaak hiervan is dat observatie van de opbrengsten supplementaire informatie geeft aan P over de actie van A. Dit kan duidelijk gemaakt worden aan de hand van de volgende tabellen. Indien A de lage inspanning kiest en een kost van 400 wordt geobserveerd, is de kans op een opbrengst van 800 gelijk aan 1. Indien A echter de hoge inspanning kiest en een kost van 400 wordt geobserveerd, is de kans op een opbrengst van 800 gelijk aan 0,5. Het is dan namelijk eveneens mogelijk dat een opbrengst van 1.000 wordt gerealiseerd. Een combinatie van een opbrengst van 1.000 en een kost van 400 is alleen mogelijk bij een hoge inspanning. P haalt met andere woorden supplementaire informatie uit de opbrengsten, ondanks het feit dat A deze opbrengsten niet onder controle heeft.

	e1	
	K=400	K=500
O = 800	1	0
O = 1.000	0	1

	e2	
	K=400	K=500
O = 800	0,5	0
O = 1.000	0,5	1

### C. Publieke informatie over de toestand van de omgeving na actie van A

Hier beschouwen we het geval waarbij A en P, op het ogenblik dat ze het resultaat  $x$  observeren, ook een signaal  $y$  ontvangen op basis waarvan zij kunnen afleiden dat één van de toestanden in  $\eta^{-1}(y)$  zich heeft voorgedaan. Vermits zowel  $x$  als  $y$  door beide partijen geobserveerd worden, kan er in het contract tussen deze partijen naar verwezen worden. Meer bepaald is het nu mogelijk om de betaling  $w$  van P aan A niet enkel te laten afhangen van  $x$  maar ook van  $y$ . Dit zullen we aanduiden door  $w$  te schrijven als een functie  $w(x,y)$ .

Het zojuist beschreven geval werd uitvoerig behandeld door Holmström (1979). Zijn belangrijkste resultaat komt hierop neer dat de informatie die vervat is in  $y$  waardevol is voor P in de mate waarin  $y$  informatie bevat over  $e$ , die nog niet besloten lag in  $x$ .

Het volgende voorbeeld, dat ontleend is aan Demski (1980, p. 93-94), zal de betekenis van de voorgaande uitspraak duidelijk maken. Beschouw de produktiefunctie gegeven door tabel 7.

Tabel 7

Voorbeeld van een produktiefunctie  $x(e,s)$

	s1	s2	s3	verwachte opbrengst
	$\Pi(s_1)=1/3$	$\Pi(s_2)=1/3$	$\Pi(s_3)=1/3$	
$e_1 = 0$	0	0	0	0
$e_2 = 3$	18.000	42.000	18.000	26.000
$e_3 = 5$	42.000	42.000	18.000	34.000

Stel dat de nutsfunctie  $U^A$  van A blijft zoals gegeven in (3) en dat  $U^*$  (het minimale verwachte nut van A) gegeven blijft door 100.

Uit de volgende tabel blijkt dat de allerbeste oplossing gegeven is door  $e_3 = 5$ , een betaling  $w = 15.625$ , waarbij P een netto verwachte opbrengst heeft van  $34.000 - 15.625 = 18.375$ .

Tabel 8

Afleiding van de allerbeste oplossing indien  $x(e,s)$  gegeven wordt door tabel 7

Afgedwongen actie bij A	Vereist loon bij			Verwachte netto- opbrengst voor P
	$x=0$	$x=18.000$	$x=42.000$	
$e_1 = 0$	10.000	10.000	10.000	-10.000
$e_2 = 3$	11.881	11.881	11.881	14.119
$e_3 = 5$	15.625	15.625	15.625	18.375

Indien P enkel  $x$  observeert, en niet  $e$ , is de naastbeste oplossing gegeven door:

$$\begin{aligned} e_3 &= 5 \\ w_0 &= 0 \\ w_{18} &= 8.649 \\ w_{42} &= 19.881 \end{aligned}$$

Hier staan  $w_0$ ,  $w_{18}$  en  $w_{42}$  voor de betalingen indien de resultaten 0, 18.000 en 42.000 zich voordoen. De verwachte netto-opbrengst van P is dan 17.863. De volgende tabel bevat de belangrijkste gegevens.

Tabel 9

Afleiding van de naastbeste oplossing indien  $x(e,s)$  gegeven wordt door tabel 7

Uitgelokte actie bij A	Vereist loon bij			Verwachte netto- opbrengst voor P
	$x=0$	$x=18.000$	$x=42.000$	
$e_1 = 0$	10.000	0	0	-10.000
$e_2 = 3$	0	11.881	11.881	14.119
$e_3 = 5$	0	8.649	19.881	17.863

Beschouwen we nu de volgende informatiefunctie:

$$\begin{aligned} \eta(s_1) &= \eta(s_2) = y_1 \\ \eta(s_3) &= y_2 \end{aligned}$$

Bij het afsluiten van het contract weten A en P dus dat ze, bij de observatie van het resultaat  $x$ , ook het signaal  $y_1$  of  $y_2$  zullen ontvangen. Bij  $y_1$  weten ze dat  $s_1$  of  $s_2$  zich heeft voorgedaan; bij  $y_2$  weten ze dat  $s_3$  zich heeft voorgedaan.

Wat is de waarde van deze extra informatie? Het is duidelijk dat deze informatiefunctie de informatie die P reeds heeft over  $e$ , op basis van

de observatie van  $x$ , op een waardevolle wijze vermeerdert. Indien met name het signaal  $y_1$  wordt ontvangen bij een observatie  $x = 18.000$ , dan is P volledig geïnformeerd over door A geleverde inspanning. Deze kan dan nog enkel  $e_2 = 3$  zijn. Indien P dan wenst dat A de actie  $e_3 = 5$  uitvoert, is het te verwachten dat de betaling van P aan A indien  $x = 18.000$  en  $y = y_1$  zich voordoet, kleiner zal zijn dan indien  $x = 18.000$  en  $y = y_2$  zich voordoet.

De mogelijke combinaties van geobserveerde waarden van  $x$  en  $y$  zijn gegeven door:  $(0, y_1)$ ,  $(0, y_2)$ ,  $(18.000, y_1)$ ,  $(18.000, y_2)$  en  $(42.000, y_1)$ . De combinatie  $(42.000, y_2)$  kan zich niet voordoen. Voor elk van deze combinaties kan P nu een aangepaste betaling aan A bepalen. Laten we de grootte hiervan voorstellen door  $w_{0,y_1}$ ,  $w_{0,y_2}$ ,  $w_{18,y_1}$ ,  $w_{18,y_2}$  en  $w_{42,y_1}$ .

Tabel 10 bevat de minimale betalingen die vereist zijn voor elke waarde van  $e$  die P wil uitlokken bij A. Hieruit blijkt dat  $e_3 = 5$  de optimale waarde van  $e$  is, en dat:

$$\begin{aligned} w_{0,y_1} &= w_{0,y_2} = w_{18,y_1} = 0 \\ w_{18,y_1} &= w_{42,y_1} = 15.625 \end{aligned}$$

De verwachte netto-opbrengst van P is 18.375. Deze verwachte opbrengst is gelijk aan de verwachte opbrengst in de allerbeste oplossing. Zoals we reeds vermoed hadden, is nu  $w_{18,y_1} = 0$ . In het geval zonder informatiefunctie (zie tabel 6) was  $w_{18} = 8.649$ .

Het is mogelijk om precieze wiskundige voorwaarden op te leggen aan het signaal  $y$  opdat dit signaal informatie zou bevatten over  $e$ , bovenop de informatie over  $e$  die vervat is in  $x$ . Zie hiervoor Holmström (1979).

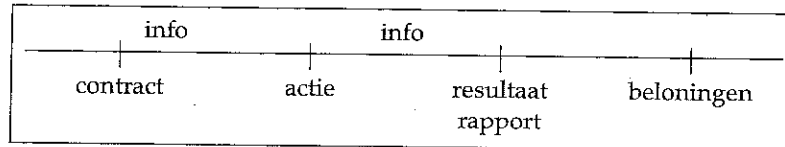
Tabel 10

Afleiding van de naastbeste oplossing met supplementaire informatie na de actie van de agent

Uitgelokte acties bij A	vereist loon bij resultaat					verwachte betaling	verwachte netto- opbrengst voor P
	$(0, y_1)$	$(0, y_2)$	$(18, y_1)$	$(18, y_2)$	$(42, y_1)$		
$e_1 = 0$	10.000	10.000	0	0	0	10.000	-10.000
$e_2 = 3$	0	0	11.881	11.881	11.881	11.881	14.119
$e_3 = 5$	0	0	0	15.625	15.625	15.625	18.375

#### D. Principaal/agent-monitor

De probleemstelling is hier de volgende. P zet A aan tot het uitvoeren van een actie die niet observeerbaar is voor P. A krijgt daarvoor een beloning. P huurt echter eveneens een monitor in (M). Deze beschikt over betere informatie met betrekking tot de gestelde actie van A. M moet een rapport (r) afleveren aan P over de actie van A en krijgt daarvoor een beloning van P. Chronologisch kan dit als volgt voorgesteld worden.



P sluit een contract af met M en met A. M kan nu supplementaire informatie over de actie van A inwinnen. Ook is bijkomende informatie, in de vorm van een signaal  $y$ , mogelijk over de toestand van de omgeving (voor of na de actie van A). Dit zijn precies de verschillende informatie-mogelijkheden die onderscheiden werden in sectie 1 van dit deel. A kiest de voor hem optimale actie, gegeven zijn vergoedingsfunctie. Het resultaat van de actie wordt door alle partijen geobserveerd. Ook het rapport van M over de actie van A is voor alle partijen bekend. Tenslotte krijgen M en A hun beloning. Deze beloningen zijn gebaseerd op de gemeenschappelijk observeerbare factoren (resultaat en rapport):

$$w^M = w^M(x,r)$$

$$w^A = w^A(x,r)$$

P krijgt het resultaat dat overblijft na betaling van M en A. Hij wil dit resultaat maximaliseren. Het netto-resultaat van P is:  $x - w^M - w^A$ .

A wil een zo groot mogelijk loon, maar tracht zijn inspanning zo gering mogelijk te houden. A geniet een nut van:  $U^A [w^A(x,r), e]$ .

M tenslotte is alleen geïnteresseerd in een zo groot mogelijk loon. Zijn nut wordt gegeven door:  $U^M [w^M(x,r)]$ .

P maximeert zijn netto verwachte opbrengst onder de volgende nevenvoorwaarden: het verwachte nut van M en A is minstens zo groot als het extern verkrijgbaar nut (participatievoorwaarde), M moet ertoe worden aangezet een eerlijk rapport aan P te geven, en A moet ertoe worden aangezet een bepaalde actie te kiezen (incentive compatibility constraint).

M rapporteert aan P over de actie van A. P moet ervoor zorgen dat M een eerlijk rapport voorlegt. Dit kan bemoeilijkt worden door collusie tussen M en A. Bij collusie kan A M omkopen (een eigen beloning geven) om een positief rapport te geven aan P. P heeft daardoor een supplementaire opdracht: vermijden dat M er belang bij heeft zich te laten omkopen door A.

Een typische toepassing van dit model is de introductie van een auditor om de jaarrekening van een onderneming te controleren. De aandeelhouders van de onderneming kunnen beschouwd worden als principaal. Ze wensen dat er geen fouten in de jaarrekening voorkomen. De manager van de onderneming is de agent. Hij stelt de jaarrekening op. Hij kan daar hard of minder hard aan werken. Een grotere inspanning van de manager verkleint de kans op fouten in de jaarrekening. De auditor verzamelt supplementaire informatie en stelt een rapport op voor de aandeelhouders.

In het volgende eenvoudige voorbeeld (Cheh en Paik, 1991, p. 14) wordt onderzocht in hoeverre het voor P voordelig is M in te huren. Eerst bekijken we het probleem zonder introductie van een monitor. Zowel de allerbeste als de naastbeste oplossing wordt afgeleid. Daarna wordt een monitor ingehuurd om P een rapport te bezorgen over de actie van A. Er wordt verondersteld dat M perfect geïnformeerd is over de door A gekozen actie.

Voor A zijn er twee inspanningsniveaus: een hoog en een laag. Er zijn twee mogelijke resultaten (2 of 44). Deze resultaten hebben een verschillende kans op voorkomen bij de verschillende acties. De productiefunctie wordt weergegeven in tabel 11.

Tabel 11

Voorbeeld van een productiefunctie  $x(e,s)$

toestand	s1	s2	s3	s4	s5	s6	verwachte opbrengst
$\Pi(s)$	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	
$e_1 = \sqrt{0,5}$	2	2	2	2	44	44	16
$e_2 = 1$	2	2	2	44	44	44	23

De verwachte opbrengst van  $e_2 = 1$  overschrijdt de verwachte opbrengst van  $e_1 = \sqrt{0,5}$  met 7. Hieruit zal volgen dat  $e_2 = 1$  altijd de optimale actie is. De beloningen die we zullen berekenen onder  $e_2 = 1$  zullen immers steeds kleiner zijn dan 7. Dit wordt duidelijk in de latere berekeningen.

De nutsfunctie van A is gegeven zoals in (3). De nutsfunctie van M is:

$$U^M(w_M) = (w_M)^{1-d}, 0 \leq d < 1$$

Een grotere  $d$  betekent dat de risico-aversie van M stijgt. In het geval waar  $d$  gelijk is aan 0, is M risico-neutraal. Er wordt verondersteld dat M de actie van A perfect kan observeren. M moet voor P een rapport schrijven waarin staat of  $A e_1 = 0,707$  of  $e_2 = 1$  heeft uitgevoerd. Het nut dat A en M extern kunnen verkrijgen is gelijk aan 1.

In het geval dat er geen supervisor wordt ingehuurd en P de actie van A perfect kan observeren, is het voor P optimaal om actie  $e_2 = 1$  af te dwingen van A. Hij betaalt hiervoor een vast loon van 4. Indien P de actie van A niet kan observeren en verplicht is het resultaat  $x$  te gebruiken om de beloning van A te bepalen, blijft actie  $e_2 = 1$  optimaal. P betaalt A een beloning van 0,25 indien  $x = 2$  en van 12,25 indien  $x = 44$ . De resultaten worden afgelezen in tabel 12.

Tabel 12

Allerbeste en naastbeste oplossing zonder supervisor indien  $x(e,s)$  gegeven door tabel 11

Oplossing	vereist loon bij		verwacht loon
	$x=2$	$x=44$	
Allerbest	4	4	4
Naastbest	0,25	12,25	6,25

P kan nu een monitor inhuren om, tegen betaling, een rapport te schrijven over de actie van A. Op dat moment moet P zowel aan A als aan M een beloning toekennen. De beloningen van A en M zijn niet alleen gebaseerd op het observeerbare resultaat, maar eveneens op het rapport dat M schrijft over de actie van A. Het resultaat kan gelijk zijn aan 2 of aan 44. Het rapport van M over de actie van A kan inhouden dat  $e_1 = 0,707$  of  $e_2 = 1$  werd uitgevoerd. De mogelijke combinaties van geobserveerd resultaat en rapport zijn  $(2, e_1)$ ,  $(44, e_1)$ ,  $(2, e_2)$  en  $(44, e_2)$ . Zowel de beloning van A als die van M worden hierop gebaseerd.

Indien P er A wil toe aanzetten  $e_2 = 1$  uit te voeren en M een eerlijk rapport wil laten schrijven, zijn de totale verwachte loonkosten (van A en M samen) voor verschillende waarden van  $d$  in de nutsfunctie van M gegeven in tabel 13.

Tabel 13

Totale verwachte loonkosten voor verschillende risicohoudingen van de monitor

waarde van $d$	totale verwachte loonkosten
0	6,108
0,1	6,201
0,2	6,304
0,3	6,394
0,4	6,469
0,5	6,532

Afhankelijk van de risicohouding van M (ook de risicohouding van A speelt mee, maar wordt in dit voorbeeld niet geïllustreerd), kan het al dan niet interessant zijn een monitor in te huren. Het feit dat M perfecte informatie heeft over de actie van A is natuurlijk waardevol voor P. Omdat de beloning van M echter mee afhankelijk wordt gemaakt van het resultaat van de actie van A, moet P een risicopremie betalen aan M. Deze premie is des te hoger naarmate de risico-aversie van M stijgt. Gegeven een bepaalde risicohouding van A, is met andere woorden de vereiste beloning voor M groter naarmate deze meer risico-avers is.

### 3. Besluit

Hiermee zijn we aan het einde gekomen van dit overzicht. We hopen dat de lezer nu een inzicht heeft in de basisproblemen van de principaal/agent-literatuur. We hopen ook dat hij inziet dat de hier ontwikkelde methodologie een belangrijk instrument is geworden in de 'toolkit' van elke econoom. Het probleem dat erin bestaat individuen of organisaties correct te vergoeden om hen aan te moedigen tot het nemen van bepaalde wenselijk geachte beslissingen doet zich vanzelfsprekend voor in zeer diverse contexten en domeinen. Het is de verdienste van de principaal/agent-literatuur dat zij de essentiële ingrediënten van deze problematiek op een systematische en modelmatige wijze analyseert.

Het lijkt geen twijfel dat deze problematiek ook de komende jaren een erg actief onderzoeksdomein zal blijven. Nieuwe resultaten kunnen verwacht worden voor modellen die meerdere agenten en/of meerdere periodes beschouwen. Ook meer specifiek toepassingsgerichte modellen zullen verder ontwikkeld worden.

## Bibliografie

- ANTLE, R. en J.S. DEMSKI, "The Controllability Principle in Responsibility Accounting", *The Accounting Review*, 1988, p. 700-717.
- BAIMAN, S., "Agency Research in Managerial Accounting: A Survey", *The Journal of Accounting Literature*, Spring 1982, p. 154-213.
- BAIMAN, S., "Agency Research in Managerial Accounting: A Second Look", *Accounting, Organizations and Society*, 1990, p. 341-371.
- BAIMAN, S. en J.H. EVANS, "Decentralization and Pre-Decision Information", *Journal of Accounting Research*, 1983, p. 840-848.
- BAIMAN, S. en J.C. NOEL, "Noncontrollable costs and responsibility accounting", *Journal of Accounting Research*, 1985, p. 486-501.
- BAMBERG, G. en K. SPREMANN, *Agency Theory, Information, and Incentives*, Springer-Verlag, Berlijn, 1987, 533 p.
- CALLEN, J.L., "Management Bonus Plans in a Multiple-agent Environment", *Managerial and Decision Economics*, 1988.
- CHEH, J.J. en T.Y. PAK, *Collusion and responsibility accounting of a supervisor*, Paper presented at the E.A.A. Annual Congress, 1991.
- CHRISTENSEN, J., "Communication in agencies", *The Bell Journal of Economics*, 1981, p. 661-674.
- CHRISTENSEN, J., "The determination of performance standards and participation", *Journal of Accounting Research*, 1982, p. 589-603.
- DEMSKI, J.S., "Uncertainty and Evaluation Based on Controllable Performance", *Journal of Accounting Research*, Autumn 1976, p. 230-245.
- DEMSKI, J.S., *Information Analysis*, Addison-Wesley, 1980.
- DEMSKI, J.S. en D.E. SAPPINGTON, "Optimal Incentive Contracts with Multiple Agents", *Journal of Economic Theory*, 1984, p. 152-171.
- DEMSKI, J.S., D.E. SAPPINGTON en P. T. SPILLER, "Incentive Schemes with Multiple Agents and Bankruptcy Constraints", *Journal of Economic Theory*, 1988, p. 156-167.
- DYE, R.A., "Communication and Post Decision Information", *Journal of Accounting Research*, 1983, p. 514-533.
- EISENHARDT, K.M., "Agency Theory: An Assessment and Review", *Academy of Management Review*, nr. 1, 1989.
- GJESDAL, F., "Accounting for Stewardship", *Journal of Accounting Research*, 1981, p. 208-231.
- GROSSMAN, S.J. en O.D. HART, "An analysis of the principal-agent problem", *Econometrica*, januari 1983, p. 7-45.
- HARRIS, M. en A. RAVIV, "Some Results on Incentive Contracts with Application to Education and Employment, Health Insurance and Law Enforcement", *American Economic Review*, 1978, nr. 1, p. 20-30.
- HART, O. en B. HOLMSTRÖM, "The Theory of Contracts", in: T. BEWLEY, ed., *Advances in Economic Theory, 5th World Congress*, Cambridge, Cambridge University Press, 1987, p. 71-155.
- HOLMSTRÖM, B., "Moral Hazard and Observability", *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 1979, p. 74-91.
- HOLMSTRÖM, B., "Moral hazard in teams", *The Bell Journal of Economics*, 1982, p. 324-340.
- HOLMSTRÖM, B. en P. MILGROM, "Regulating trade among agents", *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 1990, p. 85-105.
- HOLMSTRÖM, B. en J. RICART I COSTA, "Managerial Incentives and Capital Management", *Quarterly Journal of Economics*, 1986, p. 835-860.
- HOLMSTRÖM, B. en J. TIROLE, "The Theory of the Firm", in: R. SCHMALENSSEE en R. WILLIG, eds., *Handbook of Industrial Organization*, New Haven, Yale University Press, 1987.
- JENSEN, M. en W.H. MECKLING, "Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership Structure", *Journal of Financial Economics*, 1976, p. 305-360.
- KANODIA, C., "Stochastic Monitoring and Moral Hazard", *Journal of Accounting Research*, 1985, p. 175-193.
- KREPS, D.M., *A course in microeconomic theory*, Harvester Wheatsheaf, New York, 1990, 850 p.
- LAMBERT, R., "Long term contracting and moral hazard", *The Bell Journal of Economics*, 1983, p. 441-452.
- LAMBERT, R., "Income Smoothing as Rational Economic Behavior", *The Accounting Review*, 1984, p. 604-618.
- MA, C., J. MOORE en S. TURNBULL, "Stopping agents from cheating", *Journal of Economic Theory*, 1988, p. 355-372.
- MOOKHERJEE, D., "Optimal Incentive Schemes with Many Agents", *Review of Economic Studies*, 1984, p. 433-446.
- PENNO, M., "Asymmetry of Pre-Decision Information and Managerial Accounting", *Journal of Accounting Research*, 1984, p. 177-191.
- RADNER, R., "Monitoring Cooperative Agreements in a Repeated Principal-Agent Relationship", *Econometrica*, 1981, p. 1127-1148.
- RASMUSEN, E., *Games and information*, Basil Blackwell, Cambridge, 1989.
- ROGERSON, W., "Repeated Moral Hazard", *Econometrica*, 1985, p. 69-76.
- ROSS, S.A., "The Economic Theory of Agency: The Principal's Problem", *American Economic Review*, 1973, nr.2, p. 134-139.
- RUBINSTEIN, A. en M. YAARI, "Repeated Insurance Contracts and Moral Hazard", *Journal of Economic Theory*, 1983, p. 74-97.
- SHAVELL, S., "Risk sharing and incentives in the principal and agent relationship", *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 1979, p. 55-73.
- STRONG, N. en M. WALKER, *Information and Capital Markets*, Basil Blackwell, Cambridge, 1987.
- TIROLE, J., "Hierarchies and Bureaucracies: on the Role of Collusion in Organizations", *Journal of Law, Economics and Organization*, 1986, p. 181-214.
- WALKER, M., *Making corporate reports valuable. Information Economics and Agency Theory: Elements for a Theory of Corporate Reporting*, Edinburgh, 1988.

*Abstract*

*A Review of the Principal-Agent Literature*

*This paper surveys the principal-agent literature. An individual (the principal) hires one or more other individuals (agents) to perform a certain task in return for a monetary reward. The paper first describes the basic principal-agent model. The second section discusses the most important extensions of the basic model.*



**Coffee Service**

Office Coffee Service,  
een dienstverlening waar wij thuis in zijn!  
Meer dan 8.000 klanten zijn daar  
het bewijs van!

Onze succesformule:

Dit toestel volledig kosteloos bij U,  
inclusief alle nazicht en onderhoud.

U betaalt enkel de koffie en de  
bijproducten!

Wenst U meer inlichtingen of  
een apparaat op proef, aarzel dan niet  
ons vrijblijvend te contacteren:



**M.C.S.** N.V. Haachtsesteenweg 101  
B-1820 Melsbroek

☎ (02) 751 81 54

## ONTSLAG ? GEBLOKKEERD ?



Prangende problemen zowel voor  
de personeelsverantwoordelijke  
als voor U!

Steeds meer bedrijven schakelen  
daarom deskundigen in voor de  
outplacement procedure (bij  
ontslag) of voor career-  
counseling (bij blokkering).

Een consultant gespecialiseerd in  
top-management problemen staat  
U terzijde bij de voorbereiding  
en in alle fasen van de begeleiding.

Raadpleeg ons **tijdig** vrijblijvend.

Vòòr het te duur is voor U en  
te laat is voor hen!

**V.V.O. Vlaamse Vennootschap voor Outplacement**

*Lid van de Nationale Vereniging van Outplacement Bureau's*

**a europa outplacement network company**

consulenten: Roger De Cadt  
Jan P.M. Spaas  
Clare Oliver  
Frans Van Hoeck  
Cécile André  
Frieda Buyse  
Etienne Van Aelst  
Walter Ressler

**Antwerpse steenweg 124  
2630 Aartselaar  
Tel: 03/8872077**

**V.V.O. Outplacement Int.  
Leuvensesteenweg 613  
1930 Zaventem (Brussel)  
Tel: 02/759 4424**