

ANALYSE DU CARACTERE INCITATIF
DES CONTRATS DE TRANSPORT URBAIN

B.Caillaud^{*} et E.Quinet^{**}

N° 9307

* CERAS-ENPC et CEPREMAP, Paris.

** CERAS-ENPC.

Cet article constitue le rapport final concluant un contrat de recherche, décision d'aide n° 89 0044, passé dans le cadre du Programme de Recherche et de Développement Technologique dans les Transports Terrestres.

ANALYSE DU CARACTERE INCITATIF DES CONTRATS DE TRANSPORT URBAIN

Résumé: Cet article étudie les contrats passés entre les autorités organisatrices et les entreprises exploitantes de réseaux de transport urbains, selon les principes de la théorie des contrats en situation d'information asymétrique. Après une analyse descriptive de ces conventions d'exploitation, un modèle théorique est élaboré pour expliquer les clauses d'intéressement aux recettes et aux coûts; ce modèle est ensuite testé à partir des données quantitatives relatives à ces contrats. Compte tenu de la sophistication du modèle théorique et de l'échantillon de conventions analysé, l'estimation du modèle suggère que l'intéressement aux dépassements de coûts est assez bien expliqué par un modèle d'incitation à la productivité, alors que l'intéressement aux recettes exceptionnelles semble relever d'une méconnaissance des conditions de la demande par l'autorité organisatrice.

Mots clés: théorie des contrats, gérance, intéressement, incitations, transports urbains.

Nomenclature CEPREMAP: I

AN ANALYSIS OF INCENTIVES IN URBAN TRANSPORTATION CONTRACTUAL AGREEMENTS

Abstract: Using recent developments in contract theory, this paper studies contractual agreements between city transportation departments and monopolistic firms in charge of public transportation within each city in France. Agreements are precisely described and a theoretical model is presented to explain the use of bonuses for unplanned revenues and penalties for cost overruns. The model is then estimated using quantitative data on actual agreements. Given the abstract nature of the theoretical model and the limits of the data, the desire to provide incentives for productivity explains adequately the use of penalties for cost overruns; bonuses for unplanned revenues seem however to rely more on incomplete information of transportation authorities on demand parameters.

Key words: Contract theory, incentives, cost overruns, regulation, public transportation.

JEL Classification number: D82, H70, L51, L92-98

La présente recherche vise à analyser les contrats passés pour l'exploitation des réseaux de transport urbain entre les sociétés exploitantes et les autorités organisatrices. Cette analyse a été menée à partir des modèles et paradigmes de la théorie des contrats principal-agent qui s'est développée récemment, et dont une présentation synthétique formalisée peut être trouvée dans Caillaud-Guesnerie-Rey-Tirole [1988], dans Bureau [1984] et dans Laffont [1985].

Une première partie sera consacrée à une présentation non formalisée de cette théorie et des paradigmes et concepts qu'elle met en évidence.

Une deuxième partie présentera une analyse factuelle des contrats de transport urbain : la réglementation et son évolution, les types de contrats, l'analyse plus approfondie de l'échantillon de contrats sur lequel a porté l'étude.

La troisième partie présentera les résultats de contacts pris dans le "milieu" des transports urbains tant du côté des opérateurs que de celui de la tutelle ou des analystes, et mettra ainsi en évidence les points de vue, parfois contradictoires, couramment admis par les acteurs du processus.

La quatrième partie développera le modèle théorique élaboré, dont l'évaluation quantitative sera l'objet de la cinquième partie.

I- LA THEORIE DES CONTRATS, SES PRINCIPES

Notre approche de l'économie des transports urbains s'inscrit dans le cadre de l'application de la théorie des contrats. Celle-ci est une branche de l'économie théorique, visant à analyser les relations entre un petit nombre d'acteurs économiques, relations dont le vecteur est non pas un système de prix comme dans le paradigme concurrentiel, mais plutôt la possibilité de s'engager dans des accords formels de type contractuel. Cette théorie s'articule essentiellement autour de la reconnaissance du rôle fondamental de l'information dans les relations économiques entre acteurs dont les objectifs sont conflictuels; elle en tire le nom sous lequel elle est connue dans la théorie économique, à savoir celui de la théorie des incitations.

Cette partie vise à introduire de manière informelle ce corpus théorique, en en proposant une présentation très simplifiée dans le cadre de la réglementation, par une autorité publique, ou de tutelle, d'un secteur d'activité composé d'entreprises ou acteurs privés.

La théorie des incitations met donc en jeu deux types d'acteurs: l'autorité ou la tutelle, communément appelée le *principal*, qui est la partie mandante, et les entreprises privées, les *agents*, appelés encore délégués ou mandataires dans d'autres contextes économiques. Chaque agent est décrit par une fonction objectif, dépendant d'actions observables ou non-observables que lui ou les autres agents peuvent prendre, de paramètres caractéristiques, et de transferts ou subventions que la tutelle peut mettre en place, soit entre agents, soit des consommateurs ou usagers qu'elle représente vers les agents. La tutelle est aussi caractérisée par une fonction objectif propre.

Il s'agit de trouver un mécanisme incitatif (en général une subvention) appliqué aux agents, et déterminé de telle manière que chaque agent en recherchant son intérêt propre, entreprenne des actions et révèle des informations qui contribuent à la maximisation de la fonction objectif de la tutelle.

Si la tutelle avait une connaissance parfaite des actions des agents et de leur environnement, son problème serait simple : elle ordonnerait à chaque agent d'entreprendre les actions qu'il est optimal qu'il prenne pour

satisfaire au mieux les objectifs de la tutelle, en situation d'information parfaite. En gros, elle fixerait les quantités à produire, les prix de vente et l'éventuelle subvention.

Mais en général il n'en est rien. On est en présence d'asymétrie d'information, c'est-à-dire qu'un agent a une connaissance plus précise de certains faits objectifs comme ses coûts ou la demande qui lui est adressée que ne l'a la tutelle. Ou bien encore, l'agent a le pouvoir de prendre des actions que la tutelle ne peut observer et encore moins contrôler. Il s'agira par exemple d'orienter les usagers au mieux de l'intérêt collectif vers le mode de transport optimal lorsqu'il y a des effets de congestion et qu'on ne connaît pas les valeurs du temps de chaque usager. Un autre exemple est celui où l'Etat n'est pas capable d'apprécier si les coûts de telle entreprise publique ne pourraient pas être réduits par l'appel à des techniques différentes.

Le contrat optimal que la tutelle doit proposer dans des cas complexes d'asymétrie d'information peut être envisagé comme une subvention, éventuellement très compliquée à calculer, fonction des variables observables par la tutelle et éventuellement de renseignements ou encore messages fournis par le ou les agents, en réponse à des demandes de renseignement de la tutelle. Un tel objet, qui précise comment la tutelle utilise ses observations et les messages qu'on lui envoie, s'appelle un mécanisme.

Si l'on se place, pour simplifier, dans le cadre où un seul agent est réglementé par la tutelle, le mécanisme incitatif, dont l'agencement est justifié par l'ignorance de certains paramètres de l'agent, est dit révélateur s'il conduit l'agent à faire connaître la vraie valeur du paramètre inconnu. On démontre que toutes les issues finales engendrées par la mise en place d'un mécanisme général, peuvent être atteintes en n'utilisant que des mécanismes révélateurs, où la subvention de l'agent dépend de l'annonce que l'agent fait des paramètres de son environnement et où cette annonce, faite par l'agent au mieux de ses intérêts, se trouve coïncider avec la vraie valeur de ces paramètres.

Deux cas particuliers d'asymétrie d'information sont étudiés par la théorie:

- la situation dite d'"aléa moral", caractérisée par la non observabilité de certaines actions, qui sont laissées à la discrétion de l'agent: ces actions sont souvent appelées des variables d'"effort",

indiquant ainsi leur caractère non observable pour la tutelle et leur caractère coûteux pour l'agent. La tutelle n'observe que le résultat de l'effort, résultat qui dépend en général d'un aléa et l'on observe l'effet conjoint de l'effort et de l'aléa. Comment fixer le contrat de façon à susciter le niveau d'effort optimal ? C'est la situation d'incitation.

- La situation dite "d'anti-sélection" lorsque la tutelle dispose de moins d'information que l'agent sur la situation objective (connaissance des coûts et de la demande moins bonne). Comment élaborer le contrat pour que, malgré cette incertitude, l'agent soit incité à poursuivre les objectifs de la tutelle ? C'est la situation de sélection ou de révélation pure.

Les formes précises de contrat à mettre sur pied pour répondre à ces situations dépendent de la nature précise des activités en cause. La quatrième partie pose et développe un modèle théorique adapté au cas des transports urbains, mais l'analyse première permet de présager de la forme générale probable : dans le cas des conventions d'exploitation de transports urbains, il y a incertitude à la fois sur la demande (le niveau de la clientèle et ses réponses aux changements de tarifs) et sur les coûts, c'est-à-dire situation d'antisélection sur ces deux paramètres, qui comportent aussi un aléa moral : les efforts pour développer la demande et réduire les coûts sont mal connus de la tutelle, et leurs résultats sont masqués par des phénomènes aléatoires qui viennent les obscurcir.

Dans ces conditions, les contrats stipuleraient des recettes et dépenses attendues ex-ante en fonction des paramètres révélés par l'exploitant, et indiqueraient comment la subvention varie en fonction des différences entre recettes et dépenses attendues ex-ante et réalisées ex-post. Quelles fonctions de ces quatre variables préconise la théorie, et comment la réalité recouvre les préconisations de la théorie, c'est l'objet de cette recherche et des parties qui suivent.

II - PRESENTATION ET HISTORIQUE DES CONTRATS DE TRANSPORT URBAINS

Le cadre institutionnel des transports urbains est défini par une note du CETUR reprise en partie dans la suite de cette section. Nous nous attardons ensuite à définir les types et caractéristiques principales des conventions étudiées, sur le plan de la théorie des incitations.

1. le contexte législatif et réglementaire

Le contexte institutionnel régissant les transports urbains et non urbains de voyageurs en FRANCE hors région ILE-de-FRANCE est fondé sur les textes législatifs suivants :

- Loi d'Orientation des transports intérieurs du 30 décembre 1982.
 - Loi de Décentralisation :
 - Loi du 2 mars 1982,
 - Loi du 7 janvier 1983 complétée par la Loi du 22 juillet 1983,
- et textes réglementaires s'y rattachant.

2. l'organisation des transports collectifs urbains

2.1. L'autorité organisatrice

Les communes ou groupements de communes sont les autorités organisatrices. Elles sont présidées par des élus.

2.2. L'aire de compétence

Sont considérés comme transports urbains les transports organisés à l'intérieur d'un périmètre de transports urbains (PTU).

Ce périmètre des transports urbains comprend :

- soit le territoire d'une commune ou le ressort territorial d'un établissement ayant reçu mission d'organiser les transports publics de personnes,
- soit le territoire de plusieurs communes adjacentes ayant décidé d'organiser en commun le service de transports publics.

La procédure de création ou de délimitation du PTU est souple. Le PTU est établi à l'initiative des communes concernées et est constaté par le représentant de l'Etat après avis du Conseil Général.

2.3. Compétences

Les compétences dévolues à cette autorité, et donc en fait aux élus,

sont très étendues. Elles couvrent plusieurs domaines :

- la consistance des services, notion qui doit être comprise au sens large: définition des relations à desservir, choix des infrastructures et de leur utilisation, etc ...

La Loi d'Orientation des transports intérieurs prévoit d'ailleurs que pour les transports urbains, l'autorité organisatrice élabore un plan de déplacement urbain sur tout ou partie de son périmètre de compétence. Ce plan définit les principes généraux de l'organisation des transports, de la circulation et du stationnement.

- le choix du ou des exploitants ainsi que du régime juridique d'exploitation.

- la responsabilité financière totale du financement tant de l'exploitation que des investissements, compte tenu des différentes ressources à sa disposition :

- versement de transport
- recettes des usagers
- impôts locaux
- emprunts
- aides de l'Etat.

En particulier, l'autorité organisatrice est seule compétente en matière de fixation des tarifs.

Elle doit cependant se conformer aux décisions de l'Etat en matière d'encadrement des hausses tarifaires.

Les collectivités ont ainsi la maîtrise totale de l'organisation de leurs transports collectifs.

2.4. Le ou les exploitants

Une originalité du système d'organisation des transports urbains est que l'exploitant est en général unique et que, comme précédemment exposé, il est librement choisi par l'autorité organisatrice et donc, par les élus.

3. Typologie des conventions

La LOTI de 1982 et les lois de décentralisation de 1982-1983 ont redéfini le cadre des relations contractuelles entre Autorités Organisatrices (AO) et Exploitants de réseaux (ER).

En particulier elles assouplissent le cadre de la TPIL qui distinguait quatre types de contrats.

Gérance: l'A.O. fixe les tarifs, assure le financement des investissements

et l'équilibre financier de l'exploitation (elle couvre, en cas d'insuffisance des recettes, les charges d'exploitation dans la limite d'un budget prévisionnel annuel révisable proposé par l'exploitant). Il est souvent reproché à ce type de contrat de ne pas assez impliquer l'exploitant au niveau financier. Par contre, il a l'avantage de nécessiter une grande mobilisation de la part des élus et des techniciens. Par ailleurs, c'est le contrat qui permet le mieux de s'adapter aux situations évolutives des phases de développement rapide. C'est aussi le plus répandu à l'heure actuelle.

Risques et périls: l'exploitant assume le risque sur les charges d'exploitation et en principe tout ou partie du risque commercial. Toutefois, il s'agit le plus souvent de conventions dites aux risques et périls avec compensation tarifaire où l'A.O. compense le manque à gagner pour l'exploitant résultant de réductions tarifaires accordées par la collectivité à certains usagers. L'A.O. s'engage donc sur un montant forfaitaire de compensation, les recettes appartenant à l'exploitant. Celui-ci a donc tout intérêt à améliorer sa productivité interne (pour diminuer ses dépenses) et externe (pour augmenter les recettes clientèles).

Garantie de recettes: en principe, une part du risque commercial est laissée à l'exploitant. Toutefois, ce risque est pris en charge la plupart du temps par l'A.O., l'exploitant assumant uniquement le risque sur les charges d'exploitation: les conventions s'apparentent alors aux conventions dites à prix forfaitaire. Il s'agit en réalité d'un engagement de l'A.O. sur le montant des dépenses et non pas des recettes puisque l'A.O. couvre le déficit à concurrence des dépenses d'engagement. Ce type de contrat conviendrait théoriquement mieux dans le cas de réseaux en faible évolution ou assez figés.

Gestion à prix forfaitaire: c'est l'A.O. qui fixe et révisé les tarifs. Elle assure par ailleurs à l'exploitant une somme annuelle forfaitaire, quel que soit le montant des charges et l'accompagne généralement d'une rémunération accessoire. Ce type de contrat semble mieux convenir à des petits réseaux: c'est en effet la solution la plus facile à gérer pour une collectivité locale.

On peut redéfinir ces quatre catégories-type en termes économétriques de la façon suivante :

Etant donné :

- un prix p fixé par l'AO (en première approximation),

- les efforts de commercialisation développés par l'exploitant (marketing et communication), notés a ,
- des paramètres structurels de la demande θ_q , le volume d'activité/trafic résultant est alors:

$$q = D(p, a, \theta_q)$$

et les recettes effectives sont aléatoires :

$$\tilde{r} = \tilde{R}(pq).$$

De même, étant donné :

- les efforts de productivité développés par l'exploitant notés e ,
- les paramètres de sa technologie θ_c , la réalisation de volume d'activité q implique des coûts effectifs aléatoires :

$$\tilde{c} = \tilde{C}(q, e, \theta_c).$$

La mise en place des contrats peut se formaliser sous la forme du processus théorique suivant, faisant référence à la littérature sur la théorie des contrats en information incomplète (voir Caillaud et alii [1988]). D'abord, une phase de discussion et de proposition de la part de l'exploitant sert de phase de *révélation*, où (θ_q^a, θ_c^a) sont annoncés à l'AO. Celle-ci détermine ensuite le niveau d'effort qu'elle désire induire, (a^0, e^0) ce qui détermine implicitement les objectifs :

r^0 , objectifs de recette,

c^0 , objectifs de coût

et l'AO détermine aussi le niveau espéré de rémunération qu'elle désire laisser à l'exploitant pour la réalisation exacte de ces objectifs : $U^0 = t^0 + r^0 - c^0$. Suivant alors le type de contrat retenu, la rémunération effective de l'exploitant est déterminée comme suit :

Risques et Périls (RP) : subvention $t = t^0$

L'exploitant supporte donc tout le risque (marginal), mais l'AO supporte le poids d'une subvention fixe correspondant au déficit structurel espéré du secteur transport étant donné les objectifs définis. Le profit de l'exploitant est :

$$U = U^0 + (\tilde{r} - r^0) - (\tilde{c} - c^0).$$

Garantie de Recette (GR) : subvention $t = t^0 + \text{Max}(0, r^0 - \tilde{r})$

L'exploitant supporte le risque industriel marginal et seulement les bons risques commerciaux. Son profit est :

$$U = U^0 + \text{Max}(0, \tilde{r} - r^0) - (\tilde{c} - c^0)$$

Il faut noter ici qu'étant donné la troncation du risque commercial, si r^0 et c^0 représentent les moyennes de $\tilde{r}$ et $\tilde{c}$, le profit espéré de l'exploitant

est supérieur à U^0 : l'exploitant préfère que le risque commercial soit important.

Prix Forfaitaire (PF) : subvention $t = t^0 + (r^0 - \tilde{r})$

L'exploitant ne supporte que le risque industriel, l'AO le risque commercial. Le profit de l'exploitant est :

$$U = U^0 - (\tilde{c} - c^0)$$

Gérance (G) : subvention $t = t^0 + (r^0 - \tilde{r}) - (c^0 - \tilde{c})$

L'exploitant ne supporte plus aucun risque et son profit est :

$$U = U^0$$

Dans tous les cas, c'est l'AO qui fixe le prix (les tarifs) du transport. En fait l'AO fixe aussi bien les prix que les conditions de l'offre qu'elle demande (qualité, km de lignes, fréquence, etc). Mais l'exploitant est parfois invité à faire des suggestions pour que l'AO bénéficie de son expérience. De plus il conserve une certaine autonomie sur des tarifs spéciaux, représentant parfois un pourcentage important de son chiffre d'affaire.

On peut rassembler ces conclusions dont une formulation unique :

$$t = T + A(\tilde{r} - r^0) - B(\tilde{c} - c^0)$$

$\tilde{r}$ et $\tilde{c}$: réalisés

r^0 et c^0 : prévus

avec comme terminologie caractérisant les types de conventions:

gérance $A = B = -1$

risques et périls $A = B = 0$

prix forfaitaires $A = -1$ $B = 0$

recette garantie $B = 0$ $A = -1$ si $\tilde{r} < r^0$
 0 si $\tilde{r} \geq r^0$

4. La réalité de la classification des conventions

Par rapport à la structure théorique évoquée dans la section précédente, que donne l'analyse des conventions réelles ?

Leurs classifications traditionnelles, accompagnées de quelques commentaires sur leurs clauses particulières, sont présentées ci-dessous. Mais l'analyse détaillée des conventions, et le calcul des coefficients d'intéressement pertinents font l'objet de l'annexe 1 à laquelle le lecteur est invité à se reporter.

Gérance

On trouve un certain nombre de conventions classiques de gérances, en

fait la convention la plus fréquente dans notre échantillon, où est souvent introduit un léger intéressement (moins de 10% d'intéressement souvent, auquel cas nous ne l'indiquons pas), soit aux recettes soit aux coûts. Ainsi, l'annexe 1 sur le détail des conventions identifie comme convention de gérance, les conventions réglementant les réseaux des villes suivantes:

Angers	
Angoulême	
Arras	
Besançon	
Bordeaux	
Bourg-en-Bresse	* $A=-0,5$
Brest84	
Caen	* localement $A=B=-0,35$
Chambery	
Clermont Ferrand	
Creusot-Monceau79	
Laval	* $A=-0,72$ et $B = -0,62$
Lorient78	
Lorient82	
Montbelliard	
Rennes	
Rouen	
Saint-Etienne	* localement $A=-0,42$ et $B=-0,46$
Toulon	

Recette forfaitaire

Il existe des conventions classiques de prix forfaitaire, qu'on identifie aisément dans l'échantillon. Mais on a regroupé aussi dans la présente catégorie les conventions de garantie de recettes (en italiques) qui, de fait, s'apparentent à des logiques de prix forfaitaire parce que le niveau garanti de recettes, à partir duquel l'exploitant supporte le risque commercial marginal, est largement supérieur au niveau réel de recettes couramment observé; donc, même en présence d'incertitude, la détermination de la rémunération de l'exploitant a toutes les chances de se faire selon une logique de prix forfaitaire. On appelle donc cette catégorie de conventions, des conventions à recettes forfaitaires, et les villes suivantes ont confié l'exploitation de leur réseau selon cette logique:

Ajaccio	* $A=-0,5$
Auxerre	
Bayonne83	
Beauvais	* $A=-0,5$
Chalon/s/Saone	* $A=-0,79$ ou plus
Creusot-Monceau87	
Dieppe	* $A=-0,35$
Epinal	

Limoges	
Lyon	* localement $A=-0,7$
Maubeuge	
Nantes	pas de données précises
Nîmes	* $A=-0,85$
Perpignan	* $A=-0,5$
Saint-Claude	
Thonon	
Toulouse	super convention de concession
Valenciennes	pas de données précises

Risques et perils

Ce type classique de convention est plus rare. La plupart de ces situations sont accompagnées d'une clause de partage 50%-50% des variations de recettes quand celles-ci sont grandes ($>5\%$ généralement): les grands risques sont assurés. Les conventions des villes suivantes obéissent à cette logique:

Aurillac
Bayonne88
Boulogne
Brest88
Bruay-en-Artois
Douai
Henin Carvin
Lille
Morlaix
Nevers
Orleans
Saint-Brieuc

Conventions diverses

Il reste dans notre échantillon des conventions dont le libellé ne correspond pas à la véritable nature, telle que définie en regard des coefficients d'intéressement aux recettes et/ou aux dépenses. On peut citer:

<u>Ville</u>	<u>type</u> <u>annoncé</u>	<u>coefficients</u> <u>identifiés</u>
Annonay	"G" →	PF avec intéressement substantiel aux recettes: $A=-0,5$ et $B=0$
Arles	"GR" →	PF ou RP avec superintéressement aux recettes, car cet intéressement aux recettes est de plus de 100%: $A=0,43$ et $B=0$
Calais	"GR" →	PF localement, c'est à dire pour des variations relatives des recettes de moins 0,3%; mais $A=0$ et $B=-1$ s'applique pour des

variations plus vraisemblables.

Cannes	"GR"	→	PF ou G , le texte n'est pas clair en ce qui concerne l'intéressement aux coûts; $A=-0,97$ et $B=0$ ou -1 .
Chateauroux	"GR"	→	RP classique.
Dole	"PF"	→	RP classique.
Dunkerque	"GR"	→	cf Calais: $A=0$ et $B=-1$ pour une zone de variations de recettes couramment observées.
Quimper	"PF"	→	RP classique
Reims	"RP"	→	un partage 50%-50% pour des variations modérées, et quand déficit réduit: donc $A=B=-0,5$ sauf quand recettes insuffisantes ou coûts excessifs localement.

5. Conclusion

Il est certain que les AO ne se sentent plus autant liées aujourd'hui aux 4 grandes classes de conventions qui avaient été définies dans la TPIL 1979. Il s'ensuit essentiellement l'apparition de clauses d'intéressement aux excédents de recettes et aux dépassements de coûts.

Mais il apparaît, du moins dans l'échantillon dont on disposait, que les grandes catégories recouvrent quand même une certaine réalité, et que, l'appellation des conventions correspond bien, dans 84% des cas (49 conventions sur 58), à leur véritable nature, du moins en ce qui concerne l'aspect incitatif, matérialisé dans les coefficients d'intéressement A et B. Il ne faut en fait distinguer que 3 catégories effectives, les conventions dites à garantie de recette étant de fait identiques à celles de prix forfaitaire: on regroupe ces 2 types de conventions sous l'appellation recette forfaitaire.

III - PROBLEMATIQUE DES ACTEURS

Les conclusions qui suivent partent de la littérature très approfondie ayant déjà abordé ce problème des contrats urbains, et en particulier :

- "Les relations Département-Exploitants. Leur traduction par les conventions", CETUR, Janvier 1991 (Anne Le Ruyet, Maurice Abeille, Chantal Duchêne).

- "Transports urbains de voyageurs. Principales caractéristiques des conventions récentes", CETUR-CETE de Lyon. Décembre 1987.

- "Problèmes juridiques institutionnels et financiers des transports collectifs urbains", CETE Nantes, CIFP Nantes. Juin 1977.

- "La gestion des transports publics et les rapports contractuels", O. Domenach, CRET.

- "Evolution des tarifs urbains de province", note DTT 26 Octobre 1989.

- Notes diverses,

- "La politique Française des Transports Urbains", 6 Décembre 1989.

- "Les transports urbains de province".

Elles s'appuient également sur les contrats oraux pris avec plusieurs acteurs du processus, et notamment Messieurs :

- Ayoun, Schwartz et Labia à la DTT;

- Meyere au CETUR;

- Abeille au CETE de Lyon;

- Hersant au GART;

- Bourgeois à l'UTP;

- Peter à la CGFTE;

- Robin à Transexel;

que nous tenons ici à remercier, pour le temps qu'ils nous ont consacré.

Les enseignements retirés de ces analyses peuvent être classés selon les paradigmes de la théorie des contrats : nature et force des incitations, répartition de l'information, importance de l'engagement, interactions stratégiques entre groupes.

1. Nature et force des incitations

Les contrats-types peuvent être amendés de clauses d'intéressement qui

font que la logique de base et la dénomination restent un peu floues. Une clause d'intéressement est la donnée d'une subvention supplémentaire, appelée généralement bonus/malus, calculée comme un pourcentage des recettes, ou des dépenses, ou d'une valorisation ad hoc du volume d'activité; mais souvent ce bonus/malus est limité à un pourcentage faible du chiffre d'affaire global (exemple: la convention de Lyon de Janvier 1987 est un contrat PF mais avec clause d'intéressement de 30% de risque commercial $\tilde{r}-r^0$, mais ce bonus/malus est limité à 0,6% de r^0). Les acteurs estiment donc en général que ce genre d'incitations financières concerne une partie faible des marges de l'exploitant et ne remplit donc qu'un rôle de pure publicité politique: faire croire que l'exploitant supporte des risques et l'A.O. pas trop. En fait, il semble que de toute façon, l'A.O. supporte des risques importants -- et même, selon l'un des interlocuteurs, tous les risques, y compris dans les contrats aux risques et périls, ce qui semble assez paradoxal, la logique des contrats aux risques et périls allant précisément dans l'autre sens. La raison de cette opinion, peut-être un peu exagérée, concerne les gros risques: si un gros incident se produit, une grève par exemple, c'est vers le maire que convergent les responsabilités et décisions à prendre.

En fait, les véritables incitations seraient composées d'une part d'une arme réduite, le changement de directeur de réseau, et d'autre part d'une arme extrême, le changement de l'entreprise exploitante. Sur le changement de directeur on ne dispose d'aucune donnée. Sur le changement d'exploitant et de contrat, il semble que ceci arrive peu souvent.

Il est de fait, et tout le monde semble d'accord, que les A.O. supportent la plupart des risques, encore que les acteurs ne fassent pas tellement la différence entre supporter le déficit structurel espéré et supporter le risque marginal. Les contrats G sont les plus nombreux (3/4 en fait, mais avec des clauses d'intéressement), les RP quasi absents; on voit se développer maintenant des contrats plus proches de GR ou PF.

L'explication "historique" de cette structure est que dans les années 75-83, les réseaux étaient insuffisamment développés, étant donné les nouvelles priorités dues à la crise pétrolière, aux préoccupations engendrées par l'engorgement du trafic, et aux soucis écologiques. Les élus ont donc désiré un développement quantitatif de l'offre, qui s'accompagnait donc de grandes incertitudes: des contrats G ont donc été souvent retenus car ils assurent l'exploitant. Ceci s'est accompagné en fait d'un dérapage

généralisé des coûts, et donc de l'accroissement du déficit espéré chaque année.

En 85-86, la logique s'est donc renversée vers un souci d'amélioration de la productivité des réseaux, avec l'apparition de clauses d'intéressement et de contrats GR ou PF. Ainsi, alors qu'en 1979 les 3/4 des contrats étaient de gérance, c'est à dire sans risque, dix ans plus tard, il n'y en avait plus que moins de la moitié. Une explication liée est que maintenant les A.O. ont des contraintes financières plus serrées, étant donné la dégradation des finances locales, et donc qu'elles préfèrent budgétiser clairement par avance les dépenses de transport plutôt que d'avoir à les régler ex-post avec les aléas que cela implique: c'est donc ici un argument d'accroissement d'aversion pour le risque de la part des A.O..

Une autre explication entendue est celle de l'apparition d'une *vague libérale* dans l'attitude des élus (de tous bords), qui tend à désengager la ville de toute une série d'activité de service: d'où un accroissement des pouvoirs délégués à l'exploitant. Mais la conséquence n'est pas très claire: pour certains cela s'accompagne donc d'une complète délégation en particulier des risques, pour d'autres cela justifierait plutôt la subsistance des contrats G qui consistent en fait à acheter la compétence de l'exploitant à prix fixe.

Il semble de plus que dans les petites villes, les contrats G (ou GR) restent dominants (ou subsistent mieux) parce que la demande serait plus incertaine (le risque plus grand) dans ce type d'agglomération.

Toutes ces explications ne sont pas forcément convaincantes, et l'analyse tant en termes théoriques qu'en termes statistiques devrait permettre de tester ces différentes hypothèses, sur la base du modèle structurel donné par la théorie des contrats.

2. Les problèmes informationnels

Les données comptables des exploitants semblent être tout à fait contrôlées par les A.O. et d'ailleurs les contrats formulent souvent une clause de contrôle des fonds en cas de déficit.

Par contre, la plupart des parties s'accordent à reconnaître un manque de compétence technique de la part des A.O.. Cela peut se manifester dans la connaissance de la demande ou de la technologie, aussi bien que dans les possibilités d'effort de commercialisation et de productivité que l'exploitant serait capable de fournir. L'absence de concurrence au niveau

local, et la non-transparence des comptes des exploitants, dûes aux interdépendances créées par l'appartenance à un groupe, font de plus que l'A.O. ne dispose pas d'un moyen de vérifier la pertinence des dépenses de l'exploitant. Il faut noter que si certains élus peuvent s'investir à fond dans le problème des transports et ainsi avoir des négociations serrées avec les exploitants, la plupart des élus se désintéressent de ce secteur, et ne se soucient que de la modération des tarifs et de la perception par le public de la nature du contrat.

Dans une perspective dynamique, cependant, le niveau espéré de la demande ne semble pas devoir donner lieu à une grande asymétrie informationnelle. D'autre part, les postes des salaires, essentiellement fixés par l'A.O., sont facilement contrôlables: et comme ils représentent environ 60-70% des charges, l'incertitude sur les coûts peut être réduite. Il est donc possible que les problèmes informationnels soient assez réduits, auquel cas les contrats émergeant ne seraient dictés que par des considérations de partage du risque, et peu d'incitation. Là encore, la théorie des contrats en information incomplète permet de construire un modèle structurel sur lequel cette hypothèse peut être testée.

3. Les problèmes d'engagement

La dimension dynamique semble importante. Les contrats sont généralement signés pour des périodes de 5 ans, voire plus maintenant. Mais ils sont souvent soumis à une clause de renégociation dans le cas où un aléa trop important surviendrait. Donc, effectivement, le risque supporté par l'exploitant est encore réduit de ce fait, à un risque marginal faible. L'apparition d'une modification majeure des conditions d'exploitation est généralement accompagnée de redéfinition des objectifs (r^0, c^0, t^0), et donc de l'intégration de cette modification à la description structurelle du secteur.

La renégociation du contrat peut aussi arriver de facto, à la suite d'une dégradation progressive pendant quelques années du compte de l'exploitant. Mais les changements d'exploitant sont rares, d'autant plus qu'il n'y a pas de procédure formelle d'appel à la concurrence pour les renouvellements. Pour éviter une faillite, coûteuse pour la collectivité, les A.O. sont quasi-forcées de renégocier à la hausse leurs subventions. Elles ont donc clairement des difficultés à s'engager de manière crédible sur les termes du contrat et sur un schéma incitatif car elles peuvent être

victimes d'un chantage sur le service de transport de la ville et sur l'emploi des agents de l'exploitant.

La dynamique est particulièrement importante pour expliquer ce qui touche à l'investissement et à la propriété du matériel. Il y a 10 ans, les A.O. décidaient unilatéralement des investissements, achetaient le matériel, et le mettaient à la disposition de l'exploitant; en fin de contrat le matériel devait revenir à l'A.O.. Mais de plus en plus, la durée des contrats s'allonge et ils comprennent des clauses relatives à l'investissement, celui-ci devant être réalisé en partie par l'exploitant, qui souvent reste détenteur des biens ainsi acquis. L'argument avancé par les exploitants est que ce genre de contrat permet un meilleur alignement des objectifs de l'exploitant avec ceux de l'A.O. et sont donc nécessaires pour la qualité de la politique de long terme de l'investissement. On peut penser que cette politique, mise en place notamment avec la réalisation de sites propres, et qui se rapproche des pratiques de financement de projets, constitue à la fois pour les A.O. une possibilité de désengagement financier, et pour les exploitants, une garantie de longévité de leur activité. Le pendant de cet argument est que les A.O. se désaisissent de plus en plus des services communaux (cf vague libérale mentionnée plus haut).

Il faut néanmoins souligner que si les incitations à investir peuvent être éventuellement améliorées par de tels contrats avec détention des actifs par l'exploitant, l'efficacité des contrats en terme de l'exploitation courante peut être détériorée. En effet la détention du capital par l'exploitant lui confère un avantage non négligeable lors du renouvellement du contrat, d'où une plus faible possibilité de recourir à un autre exploitant. Les négociations contractuelles s'effectuent donc avec un plus grand pouvoir de marchandage du côté exploitant.

4. La présence des groupes

Un aspect important du côté des exploitants est la prépondérance de 3 groupes, auxquels appartiennent la plupart des exploitants: 38% du marché à Via-Transexel; 20% à Transcet; 12% à la CGEA-CGFTE. Les indépendants, regroupés en partie eux-mêmes dans le réseau AGIR, restent essentiellement implantés dans des villes petites à moyennes.

Les avis sont partagés quant à l'importance de ces groupes effectivement. Pour certains, les objectifs d'un exploitant particulier

restent bien la maximisation du profit de l'activité à un niveau local, et le groupe ne fait que diminuer les coûts de certaines expertises ou certains services qu'il peut procurer. Pour d'autres, la tendance est en fait à la privatisation de tous les services communaux à ces groupes qui ont des dimensions multiservices. Deux conséquences sont possibles quant à la nature des objectifs de l'exploitant présidant au choix et à la réalisation d'un contrat: d'une part une ville peut servir de point de pénétration dans une région, une famille politique, etc, et donc être sacrifiée du point de vue rentabilité au profit des villes subséquentement gagnées sur le marché; d'autre part, le transport peut ne pas être l'activité la plus rentable dans l'ensemble des services communaux, et peut ne servir qu'à organiser des stratégies de pénétration en donnant lieu à des subventions croisées entre activités à l'intérieur du groupe.

Il n'en reste pas moins que le groupe imprime -- ou semble imprimer -- une orientation à ses filiales pour la structure des contrats. Mais les différences sont peut-être minimales d'un groupe à l'autre. C'est ainsi que les contrats de gérance semblent avoir la faveur de Transcet; que les autres groupes, constatant que les contrats de gérance sont actuellement les plus fréquents, cherchent à s'orienter vers des contrats à prix forfaitaire. Pour les exploitants, ce type de contrat, comportant une prestation et un prix, correspond à la nature des activités qu'un exploitant peut maîtriser, les recettes restant, par l'intermédiaire des tarifs, du ressort de l'A.O.. Car l'activité commerciale de l'exploitant est faible actuellement; elle pourrait peut-être se développer, et les exploitants, à des degrés et à des vitesses divers, sont favorables au développement des forfaits-recettes, aboutissant à des contrats RP, ou avec intéressement sur les recettes.

IV- MODELE THEORIQUE DES CONVENTIONS D'EXPLOITATION EN TRANSPORT URBAIN

Cette partie théorique et la partie suivante empirique constituent le coeur de notre recherche dans le cadre du présent contrat. Nous développons un modèle théorique, inspiré de la littérature sur la théorie des contrats, qui a été présentée succinctement dans le chapitre I. La formalisation et les techniques qui y sont employées sont classiques en théorie économique des incitations, et l'on a déjà eu l'occasion d'indiquer au lecteur un certain nombre de références susceptibles de fournir la culture nécessaire pour comprendre le détail du modèle et la mécanique des résultats. Toutefois cette partie est rédigée de manière détaillée, en mêlant l'aspect parfaitement rigoureux de la modélisation théorique et les développements littéraires permettant d'éclairer les intuitions et la signification des résultats. Ainsi, cette partie doit pouvoir être abordée même par un lecteur peu familier avec la théorie des incitations.

Nous présentons tout d'abord un modèle général ainsi que ses prédictions dans un monde où aucun problème d'information ou d'incitation n'est présent. Puis nous développons séparément les deux logiques de la théorie des contrats: la logique de l'incitation et la logique de la révélation ou sélection. Ces développements formels sont systématiquement présentés sous la forme des prédictions qu'ils suggèrent sur les résultats à trouver lors de l'analyse empirique des conventions.

1. Un modèle pour les transports urbains

Nous proposons dans cette partie théorique un modèle capable de rendre compte simplement de problèmes qui émergent entre une A.O. et un exploitant dans le cadre de l'élaboration des conventions d'exploitation. Nous nous concentrons sur les problèmes liés aux incitations et à la disparité des informations. Nous nous plaçons donc dans le cadre de la théorie *principal - agent* en information asymétrique: l'A.O. est le principal, l'exploitant l'agent. Nous nous appuyons sur les enseignements dégagés par la littérature théorique qui a étudié ces problèmes depuis une dizaine d'années et dont Caillaud-Guesnerie-Rey-Tirole [1988] présente une synthèse. Une convention d'exploitation est vue comme un contrat, c'est à dire un engagement qui lie les deux parties qui le signent. Les négociations menant

à la signature d'une convention sont modélisées comme un jeu de négociation où l'A.O. détient tout le pouvoir de marchandage et a donc le pouvoir de proposer à l'exploitant un contrat à prendre ou à laisser.

La technologie de transport est représentée par une fonction de coût de fonctionnement ou d'exploitation qui dépend non seulement du volume physique de transport $q \in \mathbb{R}^+$ (en voyageurs-kilomètres par exemple, ou en bus-kilomètres) mais aussi d'une variable $e \in \mathbb{R}^+$ qui vise à représenter l'activité mise en oeuvre au sein de l'exploitant pour réaliser des gains de productivité. Dans la mesure où les volumes de transports considérés restent dans une plage bien délimitée, nous faisons une hypothèse simplificatrice de linéarisation de la fonction de coût total. Celle-ci s'écrit donc:

$$C(q,e) = F(e) + h(e)q$$

où $h(.)$ et $F(.)$ sont positives, C^2 , décroissantes et convexes en e .

La demande de transport dépend du tarif pratiqué ainsi que de diverses variables de qualité (fréquence, confort, correspondances, etc). On appellera $p \in \mathbb{R}^+$ le tarif généralisé, regroupant le prix et les variables de qualité qui sont contrôlables parfaitement par l'A.O., comme par exemple la définition des dessertes qui est précisée dans le cahier des charges. Une variable $a \in \mathbb{R}^+$ reflète l'activité mise en oeuvre au sein de l'exploitant pour stimuler la demande, c'est à dire toute politique de commercialisation active, de publicité ou de sensibilisation. Comme le montre la suite, l'élasticité-prix de la demande est déterminante pour le taux de marge induit par une convention d'exploitation. Mais il est malheureusement impossible d'avoir une idée sur la dépendance de cette élasticité prix par rapport à différentes politiques de stimulation de la demande de la part de l'exploitant. Comme de plus notre étude ne porte pas principalement sur la détermination des tarifs dans les différents périmètres urbains, nous faisons une hypothèse de séparabilité relative des problèmes, en fixant l'élasticité-prix de manière indépendante de la variable de commercialisation. Celle-ci n'a donc qu'un effet multiplicatif sur la demande, qui s'écrit, sous forme linéarisée:

$$q = g(a)(D-p)$$

avec $g(.)$ positive, C^2 , croissante et concave en a . Le surplus net des consommateurs-usagers du réseau est alors noté $S(p,a)$ et l'on a:

$$S(p,a) = g(a)(D-p)^2/2$$

Les objectifs des acteurs sont les suivants. L'exploitant est

essentiellement intéressé par son profit, recettes r provenant du marché, plus subventions contractuelles t , moins coûts d'exploitation c , moins le coût des différentes activités internes destinées soit à des efforts de productivité soit à des efforts de commercialisation: le coût interne des efforts de commercialisation sera noté $\phi(a, \theta)$ et le coût interne des efforts de productivité $\psi(e, \theta)$. ϕ et ψ sont positives, C^2 , ϕ est croissante et convexe en a , ψ est croissante et convexe en e . Le paramètre θ qui caractérise ces fonctions de coût interne sera expliqué ultérieurement. Le profit est donc:

$$\pi = t + r(p, a) - c(p, a, e) - \phi(a) - \psi(e)$$

avec $r(p, a) = g(a)p(D-p)$ et $c(p, a, e) = F(e) + h(e)g(a)(D-p)$. On considère aussi que l'exploitant n'est pas neutre vis à vis des risques qui affectent ce profit: il manifeste une certaine aversion pour le risque, reflétant les contraintes de liquidité ou de trésorerie et les menaces de faillite auxquelles il fait face. Les objectifs de l'exploitant sont donc représentés par une fonction d'utilité de Von Neumann - Morgenstern, $u(.)$ croissante concave: $U = u(\pi)$. Lorsque la forme de cette fonction d'utilité est pertinente nous ferons l'hypothèse qu'elle s'écrit simplement comme suit:

$$u(\tilde{\pi}) = E\tilde{\pi} - \frac{\Delta}{2}\text{Var}(\tilde{\pi})$$

où Δ représente un paramètre d'aversion pour le risque. Cette représentation a l'avantage d'autoriser des calculs, et correspond encore une fois à une approximation locale. Elle évacue de plus les effets revenu sur le degré d'aversion pour le risque.

L'utilité de réservation de l'exploitant, c'est à dire son niveau d'utilité en l'absence de participation à l'exploitation du réseau envisagé, est normalisée à $u(0) = 0$. Cette utilité de réservation représente le niveau d'utilité en dessous duquel l'exploitant préfère ne pas assurer l'exploitation du réseau parce que les termes de la convention ne lui sont pas assez favorables.

Les objectifs que l'A.O., pour sa part, vise à maximiser, sont plus complexes à définir. Caillaud et al [1988] discute d'un certain nombre d'objectifs pour le principal dans les problèmes de réglementation à l'échelon national; les arguments restent valables à l'échelon d'une communauté urbaine si l'on fait abstraction des externalités que peut induire une convention d'exploitation à l'intérieur d'un périmètre urbain sur une autre communauté voisine, ce qui semble raisonnable dans la plupart

des cas. Nous reprenons un objectif particulier, qui nous semble particulièrement pertinent dans la situation étudiée: l'A.O. cherche à maximiser le surplus net des consommateurs - usagers du réseau moins le poids de la fiscalité locale nécessairement mise en place pour honorer les subventions prévues dans la convention. Pour ce faire, nous introduisons un paramètre de coût des fonds publics k , qui reflète les contraintes financières ou budgétaires qui pèsent sur la communauté urbaine et les distortions induites par la fiscalité locale sur le bien-être. On remarquera que nous négligeons le terme de profit (ou d'utilité) de l'exploitant dans le bien-être au niveau de la communauté urbaine car l'exploitant est généralement une filiale d'un groupe national pour lequel l'A.O. n'a que peu d'intérêt en termes de bien-être social de la communauté urbaine. Donc:

$$W = S(p,a) - (1+k)t, \text{ avec } k \geq 0.$$

Dans ce cadre, une convention passée entre l'A.O. et l'exploitant prend la forme d'une subvention t versée par l'A.O. à l'exploitant, et dont le montant est une fonction prédéterminée de toutes les variables observables par l'A.O.. Il est donc nécessaire de préciser ce que chaque acteur sait ou observe, c'est à dire la structure d'information. Dans toutes les situations considérées, le prix p est une variable observable pour l'A.O. et donc contrôlable directement: il fera donc l'objet de clauses dans la convention. Cette hypothèse est assez bien en accord avec la pratique dans la mesure où les autorités organisatrices sont parfaitement maîtresses du prix des billets ou des cartes de voyage. Cependant, l'étude de la réalité des transports urbains laisse parfois l'impression que les A.O. n'utilisent pas tout leur pouvoir de fixation des tarifs: les raisons avancées mentionnent généralement le fait que les tarifs sont en fait l'objet d'une décision préfectorale qui échappe aux compétences de la communauté urbaine. On retiendra donc aussi, dans la suite de l'étude, la possibilité que les tarifs soient fixés de manière exogène, auquel cas, aucune clause de détermination ne figurera dans la convention d'exploitation.

Pour ce qui concerne les autres variables qui jouent un rôle important dans le modèle, nous allons tour à tour envisager des situations de plus en plus générales, où les hypothèses informationnelles sont progressivement relâchées. Ainsi, on étudiera successivement les situations suivantes.

Situation d'information parfaite

C'est la situation de référence, où le paramètre caractéristique θ de l'environnement de l'exploitant est connu de l'A.O. et où les variables

dites d'effort (a,e) sont parfaitement contrôlées.

Situation d'incitation

Communément appelée situation d'aléa moral, cette situation est caractérisée par la non-observabilité des variables d'effort (a,e). Celles-ci sont laissées à la discrétion de l'exploitant. Cependant dans ce cas, et pour obtenir une description réaliste de telles situations, on fera l'hypothèse que l'A.O. observe les comptes de l'exploitant, comme la législation l'y autorise dans le cadre d'une convention d'exploitation. Ces comptes reflètent les recettes et les coûts réalisés lors de l'exercice, $\tilde{r}$ et $\tilde{c}$. Du fait des aléas qui affectent l'exploitation d'un réseau, les recettes effectivement perçues et les coûts effectivement dépensés sont des variables aléatoires:

$$\tilde{r} = r + \rho \quad \text{avec } E\rho = 0$$

$$\tilde{c} = c + \gamma \quad \text{avec } E\gamma = 0.$$

(ρ, γ) peuvent provenir de nombreuses sources: la demande est elle-même aléatoire, la technologie est risquée, l'environnement macroéconomique, les prix énergétiques et les coûts salariaux peuvent aussi être considérés comme une incertitude exogène, enfin les statistiques et les rapports comptables sont imparfaits. Cette multiplicité de sources implique qu'il est difficile d'avoir une idée a priori de la distribution de ces aléas. On fera l'hypothèse que les variables aléatoires ρ et γ sont indépendantes.

Etant donné la structure très imparfaite de ses observations, l'A.O. devra donc inciter l'exploitant à prendre les meilleures décisions d'effort par le seul jeu de subventions fondées sur $\tilde{r}$ et sur $\tilde{c}$. On fera de plus l'hypothèse, à ce stade, que les conditions objectives d'exploitation caractérisées par θ sont connues de tous les acteurs.

Situation de sélection

Dans cette situation, il est fait l'hypothèse que les conditions objectives d'exploitation ne sont pas publiquement connues. C'est une situation d'information incomplète. Les paramètres intrinsèques de l'exploitant (technologie, contraintes sociales ou financières, demande, etc) qui déterminent le coût interne des politiques de commercialisation et d'accroissement de la productivité par l'intermédiaire du paramètre θ , sont connus parfaitement de l'exploitant, mais inconnus de l'A.O.. Précisément, l'A.O. a des croyances a priori sur θ modélisées par une densité de probabilité $f(.)$ continûment différentiable sur $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$, et telle que le ratio statistique $\frac{1}{f(\theta)} \int_{\underline{\theta}}^{\theta} f(s)ds$ est croissant sur $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$. Cette hypothèse

technique est vérifiée par la plupart des distributions classiques.

On supposera par contre, à ce stade, que les recettes et coûts sont déterministes et parfaitement observables par l'A.O.; ceci revient en fait à supposer que les politiques de commercialisation et d'accroissement de productivité sont contrôlables par l'A.O.. La problématique de ce genre de situation de sélection est bien sûr liée à ce que, ignorant les paramètres intrinsèques du réseau, l'A.O. peut certes imposer n'importe quelle politique à l'exploitant mais elle ignore la meilleure de ces politiques du point de vue social. La convention va donc induire l'exploitant à révéler une partie de son information pour guider le choix de politique optimale, en lui octroyant une forme de rente informationnelle.

Situation mixte

Cette situation voit se conjuguer les problématiques de sélection et d'incitation. Elle se caractérise par l'absence d'information de l'A.O. sur les caractéristiques intrinsèques du réseau et de l'exploitant, c'est à dire sur θ , et par la non-observabilité des politiques de commercialisation et d'accroissement de productivité: (a, e) ne sont pas observés, seules les observations comptables $\tilde{r}$ et $\tilde{c}$ peuvent servir de base à la convention d'exploitation.

2. La situation d'information parfaite

Dans la situation idéale d'information parfaite, l'A.O. connaît parfaitement les paramètres intrinsèques de l'exploitant résumés par θ et observe les niveaux d'effort a et e ; pour simplifier on omettra le paramètre θ dans cette section. La convention optimale d'exploitation peut alors prendre la forme de l'imposition d'une politique de commercialisation et d'une politique d'accroissement de productivité $\bar{a}$ et $\bar{e}$, accompagnée du versement d'une subvention forfaitaire juste suffisante pour assurer à l'exploitant son profit ou utilité de réservation compte tenu des politiques $\bar{a}$ et $\bar{e}$. La convention est donc très directive et assure l'équilibre budgétaire de l'exploitant compte tenu de la désutilité des efforts de commercialisation et de productivité demandés.

De plus, en toute généralité, la convention fixe aussi les tarifs. Toutefois, on étudiera aussi la situation où le tarif est imposé de manière exogène. L'interprétation est qu'il existe une dimension non modélisée, comme par exemple l'importance politique du niveau des tarifs de transport, qui justifie que le pouvoir central abaisse encore les tarifs des transports par rapport à leurs niveaux optimaux en cas d'autonomie parfaite des

décisions de l'A.O..

Formellement, la convention est caractérisée par $(\bar{t}, \bar{a}, \bar{e}, \bar{p})$ (fonction de θ) tels que:

$$\bar{t} + r(\bar{p}, \bar{a}) - c(\bar{p}, \bar{a}, \bar{e}) - \phi(\bar{a}) - \psi(\bar{e}) = 0 \quad (1)$$

$$(\bar{p}, \bar{a}, \bar{e}) \in \underset{(p, a, e)}{\text{Argmax}} \left\{ S(p, a) + (1+k) \left[r(p, a) - c(p, a, e) - \phi(a) - \psi(e) \right] \right\} \quad (P1)$$

t.q. $a \geq 0, e \geq 0, p \geq 0, D \geq p$

On fera dans toute la suite les hypothèses nécessaires pour que le programme de maximisation (P1) soit strictement concave et que sa solution soit intérieure.

H1: $D > 2(1+k)h(0)$;

$\forall e \in \mathbb{R}_+, h(e) \geq h_\infty > 0; h'(0) < 0; F(e) \geq F_\infty > 0; F'(0) < 0;$

$\forall a \in \mathbb{R}_+, g(a) \leq g_\infty; g'(0) > 0;$

$\phi'(0) = 0$ et $\psi'(0) = 0$.

H2: Pour tout $(a, e) \in \mathbb{R}_+^2$,

$$i) \phi''(a) > \frac{h(e)}{g(a)} \frac{D^2}{D-2h(0)} \left[g'(a) \right]^2$$

$$ii) \psi''(e) > \frac{g(a)}{h(e)} D \left[h'(e) \right]^2$$

H1 assure l'intériorité des solutions des différents programmes envisagés par la suite; en particulier, l'approximation linéaire D-p est toujours valide car positive. H2 assure la concavité du programme. C'est bien sûr une hypothèse suffisante mais non nécessaire; en fait il existe d'autres ensembles d'hypothèses, en particulier portant sur g'' et h'' , qui assurent aussi la concavité du modèle. Nous retenons H2 parce qu'elle permet aussi d'assurer la concavité du programme de l'exploitant dans la situation d'incitation développée dans la section suivante. H2i et ii demandent que le coût marginal interne des politiques de commercialisation ou de gain de productivité soit suffisamment croissant; cette hypothèse implique que les efforts relatifs à ces politiques seront relativement modérés.

Notons ici que la séparabilité additive de la fonction de coût interne des efforts est une hypothèse forte: les efforts de commercialisation n'influent en rien sur le coût interne créé par une politique de gains de productivité, et réciproquement. Introduire une certaine forme de substituabilité entre les efforts a et e semble naturel dans la mesure où l'exploitant mobilise certaines ressources non reproductibles à l'une ou l'autre tâche, comme par exemple le savoir faire de son personnel (à

effectif donné). Toutefois, cette substituabilité doit être limitée dans la mesure où les deux types d'efforts sont différents et requièrent des ressources non concurrentes (savoir faire d'ingénieurs pour la productivité, de commerciaux pour la commercialisation). On conservera l'hypothèse extrême faite ici, de non-substituabilité, mais on peut noter à ce stade qu'une modélisation des coûts internes sous la forme $\Phi(a,e)$, telle que Φ_{aa} vérifie H2i, Φ_{ee} vérifie H2ii et telle que:

$$0 \leq \Phi_{ae} \leq -h'g'(D-\bar{p})$$

ne modifierait pas l'analyse de cette section.

Sous les hypothèses décrites plus haut, les conditions nécessaires du premier ordre du programme (P1) sont aussi suffisantes et sont caractérisées dans la proposition 1 et le corollaire 1.

Proposition 1: Sous les hypothèses H1-2, la convention optimale en information parfaite est donnée par

$$\bar{p} = \frac{kD+(1+k)h(\bar{e})}{1+2k} \quad (2)$$

$$\psi'(\bar{e}) = -h'(\bar{e})\bar{q} - F'(\bar{e}) \quad (3)$$

$$\phi'(\bar{a}) = \frac{(1+k)}{2(1+2k)} g'(\bar{a})(D-h(\bar{e}))^2 \quad (4)$$

$\bar{q} = g(\bar{a})(D-\bar{p})$ et $\bar{t}$ donné par (1).

Corollaire 1: Sous les hypothèses H1-2 et à tarif donné p^0 , la convention optimale restreinte est donnée par

$$g'(\bar{a}) \left(\frac{(D-p^0)^2}{2(1+k)} + (D-p^0)(p^0-h(\bar{e})) \right) = \phi'(\bar{a}) \quad (5)$$

$$-(D-p^0)g(\bar{a})h'(\bar{e}) - F'(\bar{e}) = \psi'(\bar{e}) \quad (6)$$

La proposition 1 est formellement prouvée en appendice. Nous en indiquons l'interprétation ci-dessous.

L'équation de prix (2) est une généralisation de la tarification au coût marginal qui prévaudrait en l'absence de coût des fonds publics, c'est à dire si k était nul. Précisément, (2) peut s'écrire:

$$\frac{\bar{p}-h(\bar{e})}{\bar{p}} = \frac{k}{1+k} \frac{1}{\bar{\eta}} \quad (7)$$

où $\bar{\eta}$ est (la valeur absolue de) l'élasticité-prix de la demande au prix $\bar{p}$. Il s'agit d'une tarification à la Ramsey-Boiteux, où le prix est fixé au dessus du coût marginal pour éviter à l'A.O. d'avoir à verser des

subventions trop importantes par l'intermédiaire des finances locales. En effet ces subventions sont plus coûteuses que le paiement direct par les usagers, car elles accroissent les imperfections dûes au système fiscal ce qui se solde par une distortion résumée par k . L'A.O. induit donc une distortion directe du prix, et conséquemment une contraction du volume de transport par rapport au cas idéal de la tarification au coût marginal. Cette distortion en volume reste cependant faible si la valeur absolue de l'élasticité de la demande est forte. Ainsi, la distortion de tarif, mesurée par l'indice de Lerner ou taux de marge, est d'autant plus importante que la valeur absolue de l'élasticité de la demande est faible et que le coût des fonds publics est élevé.

Considérons maintenant l'interprétation de l'équation déterminant la politique optimale d'accroissement de la productivité (3). Les gains de productivité induits sont déterminés de manière à ce que le coût marginal social de l'effort de productivité $(1+k)\psi'$, égal au coût marginal privé multiplié par le coût des fonds publics, soit égal à l'effet marginal de l'effort sur le surplus, c'est à dire à la diminution du remboursement des coûts, $(1+k)C_e$. (3) s'écrit donc:

$$-h'(\bar{e})g(\bar{a})(D-\bar{p}) - F'(\bar{e}) = \psi'(\bar{e}) \quad (8)$$

Il est possible d'éclairer les propriétés de (8) en se plaçant à tarif donné, c'est à dire en tenant compte de (6), et à action de commercialisation donnée, par exemple lorsque $g'=0$, c'est à dire qu'aucune politique de commercialisation n'est en jeu du fait de son ineffectivité. Dans ce cas, tous les efforts doivent bien sûr porter sur les gains de productivité puisque $\bar{a}=0$. C'est le cas polaire d'incitation à la productivité. Dans ce cas polaire, si l'accroissement de coût pour l'exploitant engendré par un accroissement de la productivité de 1% est faible (ψ' faible par rapport à $|h'(e)|$) l'effort de productivité sera d'autant plus important. Puisque la productivité est en fait mesurée sur le coût variable unitaire, si le volume de trafic est important (D grand et p^0 fixé), les efforts de productivité doivent aussi être importants. Notons enfin que la valeur du coût des fonds publics n'affecte pas directement la détermination des efforts de productivité: les effets provenant de k passent par l'intermédiaire de la tarification optimale et donc du volume de transport (et par la substituabilité avec les efforts de commercialisation, dans le cas non-séparable $\Phi(a,e)$).

Considérons enfin l'équation de détermination de la politique de commercialisation optimale (4). L'équation (4) égalise l'accroissement

marginal du surplus engendré par les efforts de commercialisation, composé de l'accroissement du surplus des consommateurs $S_a(p,a)$ et de la diminution du remboursement pour insuffisance de recettes, cette dernière pondérée par le coût des fonds publics, $(1+k)r_a(p,a)$, avec le coût marginal social de la politique de commercialisation, c'est à dire son coût marginal privé pondéré par le coût des fonds publics, $(1+k)\phi'$. Elle s'écrit donc:

$$g'(a) \left[(D-\bar{p})^2/2 + (1+k)(\bar{p}-h(\bar{e}))(D-\bar{p}) \right] = (1+k)\phi'(\bar{a}) \quad (9)$$

L'équation (9) de détermination de la politique de commercialisation optimale peut être analysée simplement à tarif fixé p^0 , c'est à dire en analysant (5), et à gains de productivité fixés, par exemple dans le cas où $h'=0$, c'est à dire où la fonction de coût est insensible à toute politique de production. C'est le cas polaire d'incitation à la commercialisation. Tous les efforts internes demandés à l'entreprise exploitante sont concentrés sur la stimulation de la demande et $\bar{e}=0$. Dans ce cas polaire, la politique de commercialisation est d'autant plus intense que l'accroissement des coûts internes de l'exploitant engendrés par une stimulation de la demande de 1% est faible (ϕ' faible par rapport à g'). De plus, étant donné la forme multiplicative de la demande, les efforts de commercialisation doivent être d'autant plus importants qu'ils portent sur un trafic important (quand D est grand). Ajoutons enfin que, lorsque le coût des fonds publics est important, la compensation pour les efforts devient socialement coûteuse et le surplus marginal des consommateurs devient secondaire en regard de l'accroissement des recettes de l'exploitant et de l'augmentation de ses coûts internes; les efforts de commercialisation demandés sont donc plus faibles.

Le cas général, où les politiques de commercialisation et d'accroissement de productivité sont effectives, superpose les raisonnements élaborés dans les cas polaires. Les hypothèses faites permettent de préserver, dans le cas général, certains des résultats de statique comparative mentionnés dans les deux cas polaires. Mais les effets qui se propagent pour une large part à travers la tarification, comme par exemple une variation dD , ne sont pas aisément caractérisables. Ainsi, on trouve dans le cas général:

Proposition 2: Sous $H1-2$, la convention optimale en information parfaite, caractérisée par $(\bar{p}, \bar{a}, \bar{e})$, satisfait les propriétés de statique comparative suivantes:

- lorsque le coût marginal interne des efforts augmente (ϕ' ou ψ'

augmentent) , le tarif optimal augmente et les efforts optimaux diminuent;
 - lorsque le coût des fonds publics augmente, le tarif optimal augmente et les efforts optimaux diminuent.

Corollaire 2: Sous H1-2 et à tarif p^0 fixé, la convention optimale restreinte en information parfaite, caractérisée par $(\bar{a}, \bar{e})$, satisfait les propriétés de statique comparative énoncées en proposition 2, et:

- lorsque le paramètre de demande croît, les efforts croissent.

L'intuition derrière ces résultats est la même que celle esquissée dans les cas polaires précédemment étudiés; l'appendice montre en fait que la multidimensionalité du problème ne perturbe pas certaines intuitions. Notons qu'à tarif fixé, les efforts croissent avec le paramètre de demande D , mais lorsque l'on rend le tarif endogène, les effets globaux liés à un accroissement de D sont incertains.

Nous allons maintenant reformuler la convention optimale décrite dans la proposition 1. Comme on l'a indiqué plus haut, la convention optimale en information parfaite donne lieu à une politique très directive, qui fixe autoritairement les efforts de commercialisation et de productivité à mettre en oeuvre. De manière plus réaliste, mais équivalente, en l'absence d'incertitude, la convention optimale peut être vue comme consistant en la fixation d'un tarif, d'un objectif de recettes à atteindre $\bar{r}$ et d'un objectif de coût à ne pas dépasser $\bar{c}$, ces deux derniers objectifs étant donnés par:

$$\bar{r} = r(\bar{p}, \bar{a})$$

$$\bar{c} = c(\bar{p}, \bar{a}, \bar{e})$$

Etant donné le sens de variation monotone des fonctions $r(.)$ en a et $c(.)$ en e , cette forme de convention est bien équivalente à celle dérivée dans la proposition 1. Parallèlement, ces objectifs sont accompagnés d'une subvention forfaitaire $\bar{t} = \bar{c} - \bar{r} + \phi(\bar{a}) + \psi(\bar{e})$, qui induit un profit identiquement nul pour l'exploitant, égal à son profit de réservation.

Dans un environnement stochastique, où les recettes et les coûts observés ne permettent pas l'inférence exacte de la valeur des efforts entrepris, l'interprétation de la convention optimale en termes d'objectifs de recettes et de dépenses n'est plus pertinente. Il est alors nécessaire de revenir à une forme d'imposition des politiques internes à mettre en oeuvre, ce qui suppose clairement un degré de contrôle de l'exploitant et de sa politique interne qu'on a du mal à juger réaliste, sauf peut-être dans le cas de régie parfaitement intégrée à l'A.O.. Néanmoins, cette situation va

servir de point de référence utile dans la suite, essentiellement par la forme que peut revêtir dans ce contexte la subvention forfaitaire accordée. Si l'on écrit celle-ci sous la forme d'un fixe et d'un intéressement aux recettes et aux coûts réalisés, il est clair que ces intéressements doivent exactement compenser le fait que l'exploitant encaisse les recettes et supporte les coûts, de manière à ce que son profit net des subventions ne soit soumis à aucun risque ou aléa. La convention impose donc $\bar{p}$, $\bar{a}$ et $\bar{e}$ et verse une subvention:

$$\bar{t} = \bar{T} + \bar{A} \tilde{r} - \bar{B} \tilde{c} \text{ avec } \bar{A} = \bar{B} = -1$$

qui peut se réécrire encore sous forme d'intéressement aux dépassements de recettes et de coûts, soit:

$$\bar{t} = \bar{\tau} + \bar{A}(\tilde{r} - \bar{r}) - \bar{B}(\tilde{c} - \bar{c})$$

La valeur des coefficients d'intéressement est d'un intérêt central dans notre étude, et il faut noter que leur valeur de -1 dans le cadre d'information parfaite avec incertitude découle de l'aversion pour le risque de l'exploitant, quelle que forme qu'elle prenne. Dans le cas dégénéré de neutralité au risque de la part de l'exploitant, tout couple de coefficients d'intéressement aux dépassements de recettes et de coûts est admissible.

Nous retiendrons donc de cette section que la convention optimale en cas d'information parfaite et de contrôle parfait de l'exploitant et de ses décisions de politique interne, est une convention de gérance, qui assure totalement l'exploitant, mais s'accompagne d'un audit quasi permanent de ses efforts tant de commercialisation que de productivité. Comme il a été fait mention plus haut, ce cas fournit une modélisation assez naturelle des relations entre une autorité organisatrice et une régie à qui est confiée l'exploitation du réseau de transports urbains.

3. La situation d'incitation

Dès l'instant où l'exploitation d'un réseau de transports urbains est confiée à un exploitant privé, comme c'est le cas dans la majorité des communautés urbaines françaises, l'hypothèse de contrôle parfait des politiques internes de l'exploitant, c'est à dire des mesures qu'il prend pour stimuler la demande et pour augmenter sa productivité, semble peu réaliste. Ajoutée à cette imperfection du contrôle des politiques internes, la dimension stochastique des réalisations de recettes et de coûts modifie la problématique en introduisant une logique d'incitation, ou *aléa moral*. Dans cette section, nous omettons à nouveau la caractéristique intrinsèque

θ , puisqu'elle ne joue aucun rôle.

Soulignons dès à présent que l'étude empirique, qui accompagne la présente étude théorique, s'applique essentiellement à tester certaines des implications du modèle d'incitation. Nous allons donc développer ce modèle de manière assez détaillée. Mais il nous faut immédiatement souligner les limitations qui s'imposent à la modélisation théorique en matière de situation d'incitation. Si les idées générales que ce type de modèle peut dégager sont assez claires (voir en particulier Hart - Holmstrom [1987] et Holmstrom - Milgrom [1991]), l'obtention de résultats sous forme fermée facilement exploitable dans la spécification structurelle d'un modèle économétrique est particulièrement malaisée. En particulier, les variations des coefficients d'intéressement que nous étudions ne sont pas monotones par rapport aux paramètres exogènes du modèle. Aussi, nous proposons des résultats plus faibles, dans cette partie théorique, censés refléter l'intuition des corrélations économétriques recherchées.

3.1. En l'absence d'aversion pour le risque

Nous allons tout d'abord démontrer que, dans la mesure où l'exploitant est neutre vis à vis des risques affectant son profit, la solution d'information parfaite est réalisable grâce à un système de subventions contingentes aux niveaux de recettes et de coûts atteints. La neutralité au risque de l'exploitant peut être une hypothèse raisonnable dans notre étude, dans la mesure où les risques impliqués sont relativement faibles et où une grande majorité des réseaux de transport urbain sont exploités par des entreprises privées qui sont des filiales, ou sous-contractants, ou qui bénéficient des facilités de trésorerie et d'assurance, de grands groupes, de plus en plus diversifiés et à la surface financière imposante.

Pour montrer le résultat, il suffit encore une fois de se limiter à l'étude de subventions linéaires, sous forme d'un fixe et d'intéressements aux recettes et aux coûts:

$$t = T + A\tilde{r} - B\tilde{c}$$

Le problème de l'exploitant soumis à une telle politique de subventionnement consiste à maximiser :

$$\text{Max}_{a,e} \mathbb{E} \left[(1+A)\tilde{r} - (1+B)\tilde{c} - \phi(a) - \psi(e) \mid a,e \right]$$

soit donc:

$$\text{Max}_{a,e} \left\{ (1+A)r(p,a) - (1+B)c(p,a,e) - \phi(a) - \psi(e) \right\}$$

par rapport aux variables qui sont laissées à sa discrétion, c'est à dire par rapport à ses politiques internes de commercialisation et de productivité. On montre en annexe 2 que les hypothèses H1-2 garantissent que ce programme est concave et que sa solution est intérieure, donc complètement caractérisée par les conditions du premier ordre:

$$g'(a)(D-p)\left\{(1+A)p - (1+B)h(e)\right\} = \phi'(a) \quad (10)$$

$$-h'(e)(1+B)g(a)(D-p) - (1+B)F'(e) = \psi'(e) \quad (11)$$

La question est alors de déterminer p , A et B de manière à maximiser le bien être de la collectivité sous les contraintes (10) et (11) qui déterminent les valeurs des efforts de productivité et de commercialisation mis en oeuvre pour un triplet (p, A, B) donné. Mais il est immédiat de voir que pour le tarif optimal d'information parfaite $\bar{p}$, il est possible de déterminer des coefficients d'intéressement $\hat{A}$ et $\hat{B}$ tels que $(\bar{a}, \bar{e})$ soient solutions du couple d'équations (10) et (11). Pour ce faire, il suffit de comparer (10) et (11) avec les équations obtenues dans l'appendice. $\hat{B} = 0$ donne de manière évidente les incitations nécessaires à l'exploitant pour que, de lui même, il adopte la politique optimale d'information parfaite pour ce qui concerne l'accroissement de productivité. Utilisant cette valeur de $\hat{B}$, on peut alors aisément calculer la valeur du coefficient d'intéressement aux recettes, dans le cas où le tarif est fixé à p^0 , et dans le cas où le tarif est endogène:

$$\text{à tarif } p^0 \text{ fixé, } \hat{A}^0 = \frac{D-p^0}{2(1+k)p^0}$$

$$\text{lorsque } p \text{ est endogène, } \hat{A} = \frac{D-\bar{p}}{2(1+k)\bar{p}} = \frac{\bar{p}-h(\bar{e})}{2k\bar{p}} = \frac{1}{2(1+k)\bar{\eta}} = \frac{1}{2} \frac{D-h(\bar{e})}{kD+(1+k)h(\bar{e})}.$$

La conclusion est donc que l'utilisation d'une subvention contingente aux résultats, recettes et coûts, permet en l'absence d'aversion pour le risque, de pallier parfaitement la non-observabilité des politiques internes d'effort. En soi, ce résultat est classique en théorie des incitations; ce qui est plus intéressant est l'expression des coefficients d'intéressement qui permettent de décentraliser l'optimum d'information parfaite.

La proposition 2 permet, en utilisant les variations de $\bar{e}$ en fonction de k et de la fonction de coût interne, de montrer que, si $\hat{B}$ est bien insensible aux variations de k ou des coûts marginaux des efforts ϕ' et ψ' , $\hat{A}$ décroît lorsque k croît ou lorsque les coûts marginaux des politiques internes, ϕ' et ψ' , croissent. En particulier, pour $\hat{A}$ tend vers 0 lorsque k croît indéfiniment. En résumé:

Proposition 3: Sous H1-2, la solution d'information parfaite est décentralisable en information imparfaite quand l'exploitant est neutre au risque de revenu, par l'intermédiaire d'une subvention comportant un intéressement positif aux recettes de $\hat{A} = \frac{1}{2} \frac{D-h(\bar{e})}{kD+(1+k)h(\bar{e})}$, et sans intéressement aux coûts, $\hat{B} = 0$. L'intéressement aux recettes décroît quand k , ϕ' ou ψ' croissent.

Corollaire 3: Sous H1-2, et à tarif fixé p^0 , la proposition 3 est encore vraie avec $\hat{A}^0 = \frac{D-p^0}{2(1+k)p^0}$; $\hat{A}^0$ croît quand k diminue ou quand D augmente, et $\hat{A}^0$ est insensible aux variations de coût marginal interne des efforts.

Ces résultats méritent quelques commentaires. Ils montrent tout d'abord de manière générale que si l'exploitant est neutre au risque de revenus, la convention optimale doit déterminer des subventions insensibles au niveau de coût atteint. L'exploitant doit donc supporter totalement le poids financier du risque dit industriel, c'est à dire du risque lié aux dépenses. En effet, le risque industriel induit l'exploitant à adopter spontanément, en l'absence de l'autorité d'un contrôle ou audit sur sa politique interne, la politique de gain de productivité qui est socialement optimale en information parfaite. Il est donc inutile de modifier la perception par l'exploitant des bénéfices et coûts marginaux des efforts de productivité.

De plus, l'exploitant reçoit un intéressement positif aux recettes que sa politique de commercialisation est susceptible d'engendrer. Cet intéressement positif vient s'ajouter aux poids propres des recettes.¹ Lorsque le coût des fonds publics est élevé, ou que le coût interne des efforts est élevé, $\hat{A}$ est faible, éventuellement proche de 0 quand k est grand, et la convention optimale revêt donc approximativement la forme d'une convention aux risques et périls avec $\hat{A} = \hat{B} = 0$, assortie d'une subvention

¹ On a fait l'hypothèse ici que les recettes étaient encaissées par l'exploitant. Il faut noter que si l'on suppose que les recettes sont directement perçues par l'A.O. (système de comptage sur le réseau), le coefficient d'intéressement trouvé est égal à $1+A$; le résultat n'est donc évidemment pas sensible à cette hypothèse de perception des recettes puisque ces recettes sont observables.

ou compensation fixe, décidée avant l'exercice. L'intuition est que, lorsque le coût des fonds publics ou les coûts internes sont prohibitifs, l'A.O. ne désire pas mettre grand poids sur le surplus net des usagers, dans la détermination des efforts de commercialisation optimaux: elle néglige donc toute incitation à la commercialisation ou à la productivité, et ne subsistent donc que les incitations privées, qui concordent avec l'arbitrage en termes de bien-être social. Par contre, lorsque le coût des fonds publics est faible, ou le coût interne des efforts est faible, l'intéressement aux recettes est positif éventuellement assez important: l'exploitant est soumis de manière exacerbée au risque commercial, et la convention optimale revêt alors une forme inhabituelle dans la pratique des transports urbains, celle d'une convention aux risques et périls avec exposition accrue au risque commercial. D'une certaine manière, l'exploitant assure partiellement l'A.O. contre ce risque. La raison de cette exposition accrue de l'exploitant au risque commercial est incitative. Dans cette situation, le bénéfice social marginal des efforts de commercialisation de l'exploitant est déterminé en grande partie par le surplus net des usagers, que l'exploitant n'internalise pas naturellement: le coefficient $\hat{A}$ aligne les bénéfices marginaux privés et sociaux.

3.2. Résultats limites en présence d'aversion au risque

Reprenons maintenant le problème d'incitation dans le cas où l'exploitant veut éviter les risques qui affectent son profit. La situation précédente, en cas de neutralité au risque, a montré qu'il est possible de donner à l'exploitant des incitations parfaites en le faisant supporter tout le risque industriel et le risque commercial affecté d'un multiplicateur.

En cas d'aversion pour le risque de profit, une telle politique implique des variations de profit extrêmes, puisque toute la variabilité de γ se répercute sur le profit et la variabilité de ρ se répercute de manière amplifiée. Ce risque important dans la distribution de probabilité du profit diminue l'utilité que l'exploitant retire de cette convention. A coefficients d'intéressement inchangés, il est donc nécessaire d'octroyer à l'exploitant une subvention fixe plus importante, capable de contrecarrer la perte d'utilité provenant du risque, de manière à ce que l'exploitant accepte d'assurer l'exploitation du réseau dans le cadre de la convention. En somme, insister sur les mêmes incitations peut se révéler une politique très coûteuse pour l'A.O. en termes de subvention forfaitaire. La solution de ce problème d'incitation réalise donc un arbitrage entre le désir

d'assurer l'exploitant de manière à minimiser les versements à effectuer pour compenser les risques et le désir de lui imposer des risques commerciaux et industriels pour l'inciter à des efforts de commercialisation et de productivité.

Dans le cadre du modèle que l'on a considéré jusqu'à présent, il est facile de mettre en évidence cet arbitrage. Considérons que l'exploitant se caractérise par une utilité pour son profit aléatoire qui s'exprime en termes de moyenne - variance, avec un coefficient Δ d'aversion pour le risque. Dans un cadre proche, Holmstrom-Milgrom [1991] montrent que l'utilisation dans une convention d'une forme de subvention linéaire par rapport aux recettes et aux coûts réalisés n'implique aucune perte de généralité: nous nous bornons donc à l'étude de subventions linéaires, caractérisées par une subvention fixe T et des coefficients d'intéressement A et B . Lorsqu'il est confronté à un tarif imposé p et à une telle forme de subvention, l'exploitant adopte des politiques d'effort de commercialisation et de productivité qui résolvent:

$$\text{Max}_{a,e} E \left[u \left((1+A)\tilde{r} - (1+B)\tilde{c} - \phi(a) - \psi(e) \right) \mid a,e \right]$$

soit donc:

$$\text{Max}_{a,e} \left\{ (1+A)r(p,a) - (1+B)c(p,a,e) - \phi(a) - \psi(e) - \frac{\Delta \sigma_\rho^2 (1+A)^2}{2} - \frac{\Delta \sigma_\gamma^2 (1+B)^2}{2} \right\}$$

Comme les efforts a et e n'affectent pas, dans notre spécification, le risque de la distribution des profits (assimilé ici à la variance), l'exploitant maximise donc simplement l'espérance des profits et son comportement est encore caractérisé par les équations (10) et (11), de la sous-section précédente. Ces équations indiquent quel est le comportement de l'exploitant en termes d'efforts de commercialisation et de productivité quand il fait face à un certain couple de coefficients d'intéressement et à un tarif p donné. Il est possible de montrer les résultats suivants:

Lemme 1: Sous H1-2, soit $(a,e) = (\tilde{a}(A,B), \tilde{e}(A,B))$ la solution de (10) et (11); pour tout $A \in]-1, \hat{A}[$ et $B \in]-1, 0[$ tels que $\tilde{a}(A,B) > 0$ et $\tilde{e}(A,B) > 0$, on a:

$$\frac{\partial \tilde{a}}{\partial A} > 0, \quad \frac{\partial \tilde{e}}{\partial B} > 0, \quad \frac{\partial \tilde{a}}{\partial B} < 0 \text{ et } \frac{\partial \tilde{e}}{\partial A} > 0.$$

Ce lemme, dont la preuve est développée en annexe 2, est assez naturel. Pour des valeurs raisonnables des coefficients d'intéressement, et dans la mesure où les efforts induits ne sont pas dégénérés, les efforts de commercialisation croissent avec l'intéressement aux recettes et les efforts

de productivité croissent avec l'intéressement aux coûts. Lorsque le coefficient d'intéressement aux recettes croît, l'exploitant s'approprie une part plus importante des revenus du marché des transports urbains; le bénéfice marginal d'un accroissement des efforts de commercialisation que l'exploitant s'approprie est donc plus important. De même, si l'exploitant supporte une plus grande proportion de ses variations de coûts, le bénéfice privé marginal d'un accroissement de productivité est plus important.

Les dépendances croisées se comprennent de manière similaire. Un accroissement de l'intéressement aux recettes induit un accroissement des efforts de commercialisation et donc un volume total de transport plus important sur lequel une réduction de coût (variable) a d'autant plus d'importance. Il faut noter ici que si $h'=0$ et que tous les efforts de productivité portent sur les coûts fixes, $\frac{\partial \tilde{e}}{\partial A} = 0$. Parallèlement, un accroissement de l'intéressement aux coûts induit, malgré l'augmentation des efforts de productivité, une réduction de la marge privée que l'exploitant dégage; le bénéfice marginal des efforts de commercialisation diminue donc.

La discussion précédente laisse ouverte la question des valeurs optimales de A et B dans le cadre du modèle d'incitation avec aversion pour le risque. Ces valeurs de A et B, ainsi que le tarif optimal, sont déterminés par:

$$\text{Max}_{(T,p,A,B,a,e)} \left\{ S(p,a) - (1+k) \left(T + Ar(p,a) - Bc(p,a,e) \right) \right\} \quad (P2)$$

t.q. $a \geq 0, e \geq 0, p \geq 0, D \geq p$, (10), (11) et

$$T + (1+A)r(p,a) - (1+B)c(p,a,e) - \phi(a) - \psi(e) - \frac{\Delta}{2}\sigma_p^2(1+A)^2 - \frac{\Delta}{2}\sigma_\gamma^2(1+B)^2 \geq 0$$

Il est clair que la dernière contrainte, qui est une contrainte de participation de l'exploitant, est saturée à la solution de ce programme. (P2) devient donc:

$$\text{Max}_{(T,p,A,B,a,e)} \left\{ S(p,a) + (1+k) \left(r(p,a) - c(p,a,e) - \phi(a) - \psi(e) - \frac{\Delta}{2}\sigma_p^2(1+A)^2 - \frac{\Delta}{2}\sigma_\gamma^2(1+B)^2 \right) \right\}$$

t.q. $a \geq 0, e \geq 0, p \geq 0, D \geq p$, (10), (11).

La résolution de ce programme n'est pas faisable. Mais, en considérant les enseignements du Lemme 1 et en ignorant les dépendances croisées $\frac{\partial a}{\partial B}$ et $\frac{\partial e}{\partial A}$, on peut reconnaître l'arbitrage mentionné en introduction de cette sous-section. Pour de forts intéressements, les efforts de commercialisation et de productivité engendrés augmentent, mais les primes de risque aussi. Il apparaît naturel de penser que lorsque l'aversion pour le risque (Δ), la volatilité des recettes (σ_p^2) ou la volatilité des coûts

(σ_γ^2) croissent, les primes de risque tendent à devenir prépondérantes et donc les coefficients d'intéressement doivent décroître et atteindre la valeur de -1 qui correspond à l'assurance totale de l'exploitant: la priorité est alors de garantir un niveau de profit fixe et non de chercher à améliorer marginalement les performances. Ce point n'est cependant pas correct, du moins pas uniformément; pour certains degrés d'aversion pour le risque, il se peut qu'il soit optimal localement de réduire un effort mais d'en augmenter un autre, ou bien encore de jouer sur la tarification. On peut simplement montrer des résultats limites assez immédiats:

Proposition 4: Sous H1-2, lorsque l'aversion pour le risque (Δ) ou la volatilité des recettes (σ_ρ^2) et la volatilité des coûts (σ_γ^2) sont très faibles, A et B sont proches de $\hat{A}$ et $\hat{B}$ mis en évidence précédemment;

lorsque l'aversion pour le risque (Δ) ou la volatilité des recettes (σ_ρ^2) sont très importantes, $A = -1$;

lorsque l'aversion pour le risque (Δ) ou la volatilité des coûts (σ_γ^2) sont très importantes, $B = -1$.

Corollaire 4: La proposition 4 reste vraie si le tarif est fixé à p^0 donné.

La preuve est omise puisqu'elle repose d'une part sur un argument simple de continuité au voisinage de la solution de la proposition 3, et d'autre part, sur l'existence d'une borne sur les effets possibles des politiques de commercialisation et de productivité, découlant de H1.

Notons aussi qu'il n'est pas nécessairement vrai que les coefficients d'intéressement optimaux soient tels que, comme une intuition trop partielle le suggérerait, $-1 \leq A \leq \hat{A}$ et $-1 \leq B \leq \hat{B} = 0$. De même, les résultats de statique comparative relatifs à $\hat{A}$ et $\hat{B}$ ne se transposent pas nécessairement sur A et B. Mais, si les résultats fins restent hors de portée de notre modèle, l'intuition globale n'en reste pas moins solide, et nous allons maintenant présenter un modèle discret, plus adapté à l'étude empirique, qui permet des conclusions plus précises.

3.3 Incitations dans un modèle discret

Dans cette sous-section, nous reprenons la problématique développée dans la sous-section 3.2, mais nous restreignons l'étude à celle de conventions spécifiant un tarif, une subvention fixe, l'encaissement éventuel des recettes réalisées par l'A.O. et le remboursement éventuel des coûts réalisés par l'A.O.. Ceci revient simplement à ne considérer que des

coefficients d'intéressement de -1 ou 0. L'analyse des conventions existantes montre que la plupart d'entre elles sont telles que les coefficients sont soit très proches de 0 soit très proches de -1; le modèle que l'on étudie dans cette sous-section est donc adapté à la réalité des transports urbains.

L'étude que nous proposons ici suppose aussi qu'il n'existe que deux niveaux d'effort possibles, pour chacune des deux politiques envisagées. Ainsi, $a \in \{0, a^M\}$ et $e \in \{0, e^M\}$. La raison de cette simplification est d'ordre calculatoire; un modèle avec deux types d'efforts peut être complètement résolu. Une seconde raison provient de ce que tous les modèles d'incitations qui ne reposent pas sur un effort dichotomique donne lieu à une multitude d'hypothèses visant à définir précisément les propriétés du lien statistique entre efforts et variables observables, ici $\tilde{r}$ et $\tilde{c}$. Ces hypothèses sont peu intuitives et reviennent à peu près à un modèle engendré par deux efforts (voir à ce sujet les commentaires dans Hart-Holmstrom [1987]). La spécification dichotomique permet donc de démontrer des propriétés de la convention optimale que l'on peut juger raisonnables mais qui impliquent implicitement des hypothèses sur le modèle statistique difficiles à formuler.

Nous nous plaçons donc dans le modèle suivant, où le tarif est fixé:
 $a \in \{0, a^M\}$, $\phi(0) = 0 < \phi = \phi(a^M)$; $g(0) = 1 < 1+g = g(a^M)$
 $e \in \{0, e^M\}$, $\psi(0) = 0 < \psi = \psi(e^M)$; $h(0) = \bar{c} > \underline{c} = h(e^M)$; $F(0) = \bar{F} < \underline{F} = F(e^M)$;
le tarif est fixé à p ; c est défini par $c \equiv \bar{c} - \underline{c}$ et $F = \bar{F} - \underline{F}$;

$$\phi \leq g(p - \bar{c})(D - p) \quad (12)$$

$$\psi \leq c(D - p) + F \quad (13)$$

Nous procédons par une série de lemmes qui permettent d'étudier complètement ce modèle discret. Comme de plus ce modèle sert de base aux investigations économétriques, nous incluons dans le texte tous les résultats intermédiaires qu'il est possible d'interpréter économiquement.

Lemme 2: Dans le cadre du modèle discret, le comportement de l'exploitant est déterminé par:

- i) si $A = -1$ et $B = -1$, alors $a = 0$ et $e = 0$;
- ii) si $A = -1$ et $B = 0$, alors $a = 0$ et $e = e^M$;
- iii) si $A = 0$ et $B = -1$, alors $a = a^M$ et $e = 0$;
- iv) si $A = 0$ et $B = 0$, alors $a = a^M$ et $e = e^M$.

Le lemme 1 est simplement la transcription en termes discrets des

résultats de statique comparative obtenus dans le lemme 1 de la sous-section précédente. Les contraintes dites d'incitation, (10) et (11) dans les sections précédentes, impliquent que l'effort de commercialisation entrepris par l'exploitant est croissant avec le coefficient d'intéressement aux recettes, et l'effort de productivité entrepris par l'exploitant est croissant avec le coefficient d'intéressement aux coûts. Les dépendances croisées sont ici complètement dégénérées.

Lemme 3: Dans le modèle discret, l'optimum est $A = B = 0$ lorsque l'exploitant est neutre au risque, c'est à dire quand $\Delta=0$.

Le lemme 2 est identique à la proposition 3 de la sous-section 3.1. Lorsque l'exploitant est neutre au risque de profits, les instruments incitatifs constitués par l'intéressement aux recettes et aux coûts sont suffisants pour l'induire à s'investir activement dans une politique de commercialisation et dans des gains de productivité, et ces instruments n'impliquent aucun coût social.

Lemme 4: Dans le modèle discret avec aversion pour le risque Δ non nulle, les préférences de l'A.O. impliquent que:

- i) si l'A.O. préfère $(a^M, 0)$ à (a^M, e^M) , alors elle préfère $(0, 0)$ à $(0, e^M)$;
- ii) si l'A.O. préfère $(0, e^M)$ à (a^M, e^M) , alors elle préfère $(0, 0)$ à $(a^M, 0)$;
- iii) si l'A.O. préfère $(0, 0)$ à (a^M, e^M) , alors elle préfère $(0, 0)$ à $(0, e^M)$ ou à $(a^M, 0)$ ou aux deux.

Ce lemme 4 est assez technique mais il est à la base des résultats de statique comparative que nous énumérons ensuite. L'idée essentielle sous-jacente dans ce lemme est que l'A.O., compte tenu des contraintes d'incitation et du poids qu'elles imposent en termes de risque à compenser, ne peut jamais être indifférente entre les politiques d'intéressement $(A, B) = (-1, 0)$ et $(A, B) = (0, -1)$. La continuité des objectifs de l'A.O. par rapport aux divers paramètres de statique comparative implique dès lors qu'on ne peut pas passer d'une de ces deux politiques à l'autre, localement, en faisant varier un paramètre du modèle. C'est une propriété nécessaire pour obtenir in fine une dépendance monotone des coefficients d'intéressement par rapport aux paramètres de statique comparative. Il se trouve qu'avec (12) et (13), cette propriété est suffisante, comme l'attestent les résultats suivants.

Proposition 5: Dans le modèle discret, les coefficients d'intéressement

optimaux (A,B) sont des fonctions décroissantes de Δ , σ_ρ^2 , σ_γ^2 , et k, et des fonctions croissantes de D, g, c et F (à ϕ et ψ donnés).

L'annexe 2 prouve cette proposition de statique comparative et indique même la valeur exacte de la politique optimale, confiscation ou non des recettes et remboursement ou non des coûts, suivant les valeurs relatives des paramètres. Comme cette proposition constitue le fondement de notre étude économétrique présentée dans la dernière partie, il semble important de détailler l'intuition de chacun des résultats qu'elle propose.

* L'aversion pour le risque

Plus l'exploitant craint les variations aléatoires de son revenu net, moins les coefficients d'intéressement sont élevés. L'exploitant se voit donc confisquer les recettes réalisées et rembourser les coûts effectivement engagés. Il est rémunéré uniquement sur la base d'un fixe, et ne supporte plus aucun risque de revenu. La convention optimale se rapproche d'une convention de gérance lorsque l'aversion de l'exploitant pour le risque est élevée. Inversement, lorsque l'exploitant est presque neutre au risque, la convention optimale est une convention aux risques et périls. La logique de ce résultat a déjà été évoquée dans les sous-sections précédentes; elle est l'essence même de l'arbitrage à réaliser entre la nécessité d'assurer l'exploitant s'il craint les variations imprévues de ses profits et la nécessité de le soumettre aux risques émanant de son choix d'effort dans un but incitatif.

* La volatilité des recettes

Plus l'incertitude affectant les recettes est importante, plus le risque encouru par l'exploitant est important pour des coefficients d'intéressement donnés. Il s'ensuit naturellement que l'arbitrage optimal entre assurance et incitation pousse à réduire la part des recettes finalement supportée par l'exploitant; le coefficient d'intéressement aux recettes décroît, et l'incitation aux efforts de commercialisation est réduite. Ceci entraîne une diminution de la demande et rend moins nécessaire l'incitation à la productivité, du moins en termes de coût variable. En conséquence, l'effet peut éventuellement se répercuter en partie sur le coefficient d'intéressement aux coûts, bien que dans une moindre mesure. L'augmentation de la volatilité des recettes a donc principalement l'effet de confisquer les recettes à l'exploitant pour l'assurer sur le risque commercial.

* La volatilité des coûts

L'effet est assez semblable à celui de la volatilité des recettes. A coefficient d'intéressement aux coûts donné, le risque que l'exploitant supporte croît avec la volatilité des coûts et il est donc optimal de réduire l'exposition de l'exploitant à ce risque. La conséquence est bien sûr l'affaiblissement des incitations à la productivité, et donc la réduction des marges de profits de l'exploitant. Ce dernier effet peut éventuellement conduire à diminuer l'intérêt que peut avoir la stimulation de la demande, et donc à diminuer aussi le coefficient d'intéressement aux recettes; mais ce phénomène est de plus faible amplitude. L'accroissement de la volatilité des coûts pousse donc principalement à rembourser les coûts effectivement dépensés, pour assurer l'exploitant contre le risque industriel.

* Le coût des fonds publics

On a déjà vu à plusieurs reprises qu'une augmentation du coût des fonds publics conduit à privilégier une politique des transports urbains qui minimise les subventions à verser au détriment du surplus net des usagers. Le résultat de la proposition 5 poursuit cette logique, et conduit donc l'A.O. à minimiser l'éventualité de versement de subventions importantes. Il s'agit donc de verser une subvention dont l'espérance mathématique est la plus faible possible, c'est à dire à minimiser la prime de risque versée. Pour ce faire, l'A.O. diminue l'exposition de l'exploitant au risque, tant industriel que commercial, et donc réduit les coefficients d'intéressement. Les incitations s'en trouvent bien évidemment réduites.

* La demande

Le rôle du paramètre de demande est bien sûr à comprendre à tarif fixé. Dans ces conditions, un accroissement de la demande potentielle, d'une part, accroît le bénéfice marginal d'une politique de commercialisation qui s'adresse donc à un plus grand nombre d'usagers possibles, et, d'autre part, intensifie la nécessité de pousser à des gains de productivité, du moins en termes de coût unitaire. Une augmentation de la demande potentielle induit donc, sans ambiguïté, un accroissement des coefficients d'intéressement capables de stimuler les efforts de l'exploitant. Celui-ci supporte donc une plus grande part des risques commercial et industriel.

* L'efficacité relative de la commercialisation

A coût interne des efforts de commercialisation donné, plus l'accroissement de demande et de surplus qu'ils engendrent est important, plus il est opportun pour l'A.O. d'adopter une politique qui soutienne ces efforts. Le coefficient d'intéressement aux recettes s'en trouve gonflé,

et, dans une moindre mesure, par l'effet multiplicatif sur le bénéfice des gains de productivité en termes de coût variable, le coefficient d'intéressement aux coûts peut aussi s'accroître.

* L'efficacité relative des politiques de gains de productivité

A coût interne des efforts de productivité donné, plus les diminutions de coût engendrées sont importantes, plus l'A.O. se doit d'encourager cette forme de politique. La convention optimale tend donc à faire supporter une plus grosse part du risque industriel à l'exploitant, et, dans une moindre mesure, par l'effet multiplicatif de la marge sur les profits, elle tend aussi à augmenter le coefficient d'intéressement aux recettes.

~~Ces commentaires sur la proposition 5~~ vont au-delà des résultats écrits dans la proposition puisqu'ils s'appuient sur la preuve qui figure en annexe 2. Ils donnent une idée non seulement des corrélations que l'on peut s'attendre à trouver dans les données, mais ils suggèrent aussi des ordres de grandeurs relatifs, mettant en relief les effets principaux (directs, le plus souvent) et les effets secondaires (qui transitent par l'effet multiplicatif dans le terme de profit entre la marge et la demande).

Il est enfin facile de déduire de ce modèle, des prédictions dans le cas dégénéré où l'une des dimensions d'incitation est absente. Ainsi, supposons qu'il n'y ait aucun problème de productivité si bien que $e=0$ de manière intangible. Alors, il est évident que la convention optimale implique $B=-1$: l'exploitant est assuré sur son risque industriel. Ceci est évidemment plus général que ne le suggère le modèle discret de cette sous-section. Dès lors, la question est le niveau de partage des recettes.

De même, lorsque tout problème d'incitation à la commercialisation est absent, $a=0$ de manière exogène, et il devient optimal d'assurer parfaitement l'exploitant sur son risque commercial: $A=-1$. L'unique question est donc la fixation du niveau de remboursement des coûts. Le corollaire résume ces deux cas dégénérés.

Corollaire 5: i) Lorsqu'il n'y a pas de problème de productivité, $B=-1$ et A décroît avec Δ , σ_ρ^2 et k , et croît avec D et g ;

ii) lorsqu'il n'y a pas de problème de commercialisation, $A=-1$ et B décroît avec Δ et σ_γ^2 , est insensible à k , et croît avec D , c et F .

Le modèle simple qu'on a présenté dans cette sous-section n'a évidemment qu'une valeur modeste, tant sa structure est stylisée et ses hypothèses sont extrêmes. Il a néanmoins le mérite de souligner clairement les intuitions des divers effets que peuvent induire les différents

paramètres du modèle d'incitation sur la forme de la convention optimale dans la situation dite d'alea moral. Ces résultats pourraient être étendus à des contextes plus satisfaisant: continuité des efforts, possibilité de conventions intermédiaires, endogénéisation des prix, etc. Toutefois, de tels développements nécessiteraient un lourd formalisme dont il n'est pas très sûr que le lecteur tirerait un bénéfice, tant du point de vue de la compréhension que de celui de la robustesse des résultats. En effet les hypothèses qui seraient alors nécessaires sont peu testables sur l'échantillon de données dont nous disposons. Enfin, anticipant sur les résultats de l'étude économétrique, il est clair que dans une optique efficace, où le désir est de délivrer des messages clairs sur la pratique actuelle des relations A.O. - exploitants de réseaux urbains et sur les améliorations possibles à y apporter, des modèles structurels théoriques plus compliqués ne pourraient être testés en raison de l'insuffisance des données chiffrées.

4. La situation de sélection

Revenons sur la situation d'information parfaite en l'absence de toute incertitude. Nous avons exploré, au cours de la section précédente les conséquences d'une première critique s'appliquant à cette situation, à savoir qu'elle suppose que l'A.O. puisse parfaitement contrôler les efforts de l'exploitant. La seconde critique que l'on peut formuler sur la pertinence de ce modèle se fonde sur la méconnaissance par l'A.O. de paramètres cruciaux à l'exploitation du réseau. Les services de l'A.O. en charge du dossier des transports urbains sont souvent réduits et ne disposent que d'informations peu précises sur les conditions de la demande, les goûts et attitudes des usagers, ou encore sur les coûts précis de la maintenance, le degré d'usure du matériel roulant, etc. En somme, l'A.O. a un déficit informationnel sur les caractéristiques intrinsèques de la demande et des coûts. Notons que les caractéristiques intrinsèques sont constituées par les paramètres qui ne sont pas à la discrétion de l'exploitant; ceci distingue la situation présente dite de sélection, de la situation d'incitation où le manque d'information de l'A.O. porte sur l'intensité des efforts de productivité ou de commercialisation.

Au stade de la négociation de la convention, l'exploitant possède par contre un certain avantage informationnel. Ainsi, faisant souvent partie d'un puissant groupe du monde des transports, ou bien en tant que professionnel des transports interurbains, ou bien encore du fait qu'il a déjà assuré l'exploitation du réseau sous une précédente convention, il connaît généralement bien les paramètres de la technologie à mettre en oeuvre et les coûts qui en découlent. Dans certains cas de renouvellement de conventions, ce qui constitue la grande majorité des cas, on peut aussi penser que, du fait de son expérience locale, l'exploitant a aussi une meilleure connaissance que les services du maire sur les paramètres intrinsèques de la demande, les conditions précises de circulation, et les désirs de la clientèle.

En somme, l'exploitant peut être considéré comme doté d'une information parfaite sur un paramètre θ qui résume les conditions de la demande et les conditions technologiques, alors que l'A.O. n'a qu'une croyance a priori sur ces conditions, résumée par une distribution de probabilité sur θ . Donnons ici une interprétation possible du modèle où le paramètre θ intervient dans la détermination du coût pour l'exploitant à mettre en oeuvre une politique de commercialisation donnée ou un niveau de gains de productivité donné. Supposons que pour réussir à multiplier la demande par un facteur g , il soit

nécessaire d'engager des efforts α dont l'intensité dépend des désirs des usagers, des conditions de circulation et d'une manière générale des conditions de la demande qui déterminent s'il est facile ou très coûteux de convaincre des habitants du périmètre urbain d'utiliser les transports urbains plutôt que leur véhicule personnel: par exemple, $\alpha = \theta g$ et la désutilité de cet effort est $\phi(\alpha)$, avec ϕ croissante convexe. De même, supposons que pour dégager des gains de productivité représentés matérialisés par un coût marginal h , il soit nécessaire d'engager des efforts ε dont l'intensité dépend des conditions d'exploitation, du type de matériel et de son état de vétusté, et de manière générale des caractéristiques technologiques des moyens de transports et des installations: par exemple, $\varepsilon = \theta/h$, dont la désutilité est $\psi(\varepsilon)$, ψ croissante convexe. En rebaptisant $g=g(a)$ et $h=h(e)$, on peut alors faire apparaître le paramètre des conditions d'exploitation dans la fonction de coût interne: $\phi(a, \theta) \equiv \phi(\theta g(a))$ et $\psi(e, \theta) \equiv \psi(\frac{\theta}{h(e)})$.

Nous normalisons le paramètre θ comme reflétant de mauvaises conditions, tant au niveau de la demande que de la technologie; θ s'apparente donc à un paramètre de coût exogène de la situation des transports urbains. Formellement, $\phi(a, \theta)$ et $\psi(e, \theta)$ les coûts internes des deux types d'effort, ainsi que les coûts marginaux de ces efforts ϕ_a et ψ_e , seront supposées croissantes en θ :

$$\phi_\theta \geq 0, \phi_{a\theta} \geq 0 \text{ et } \psi_\theta \geq 0, \psi_{e\theta} \geq 0$$

Plus les conditions des transports sont défavorables, plus chaque type d'effort est coûteux et plus un accroissement marginal de chaque type d'effort est coûteux. Notons que ces hypothèses sont vérifiées dans l'interprétation suggérée plus haut.

Nous étudions tout d'abord la situation de sélection pure, où tout motif d'incitation tel que défini précédemment est absent. En conséquence, nous ferons l'hypothèse que les recettes et les coûts sont parfaitement observés et permettent donc de déduire les efforts entrepris par l'exploitant. Le problème réside maintenant dans le fait que l'A.O. ne peut connaître a priori le montant de la compensation nécessaire pour dédommager l'exploitant des efforts qu'elle lui impose par voie contractuelle. Et l'exploitant a bien sûr intérêt à prétendre que les conditions sont très défavorables pour que le dédommagement soit important. On voit immédiatement émerger la problématique de la révélation.

Puis, nous envisageons sommairement le modèle général qui mêle incitation et sélection. Les difficultés de résolution du modèle nous

imposent sur ce sujet de nous contenter de résultats vagues et informels. Toutefois l'intuition mise en évidence derrière chaque type de problème nous conduit à penser que le bilan des prédictions auxquelles nous serons conduits est raisonnable, bien que non prouvé formellement. D'une manière générale, il faut d'ailleurs noter que cette partie n'offre pas de prédictions spécifiques facilement testables en termes économétriques. Il faudrait en effet un échantillon bien plus riche pour pouvoir non seulement estimer les coefficients du modèle mais aussi, et c'est la pierre d'achoppement des études empiriques sur la théorie des contrats, la distribution $F(\theta)$ des caractéristiques intrinsèques des conditions de transports, sur l'ensemble des villes concernées, et en contrôlant par les facteurs manifestement connus par les A.O.. Cette section doit donc être vue plutôt sous un angle théorique et conceptuel.

4.1 Le paramètre d'information incomplète et sa révélation

Reprenons le modèle précis de la situation de sélection en insistant sur le rôle du paramètre d'information privée de l'exploitant, le paramètre θ qui caractérise les conditions d'exploitation. L'exploitant vise à maximiser son profit:

$$\pi = t + r(p,a) - c(p,a,e) - \phi(a,\theta) - \psi(e,\theta)$$

avec $r(p,a)=pg(a)(D-p)$ et $c(p,a,e)=F(e)+g(a)(D-p)h(e)$. On suppose toujours H1 et H2. L'A.O. contrôle les tarifs p , et observe r et c sans incertitude, c'est à dire ρ et γ sont identiquement nuls. Donc, l'A.O. contrôle en fait p , a et e et est capable d'imposer des valeurs à ces variables par voie contractuelle, dans la convention d'exploitation, accompagnées d'une subvention t . Mais ignorant θ , l'A.O. est dans l'impossibilité de connaître le niveau de subvention qui constitue la juste compensation de l'exploitant pour (p,a,e) donnés.

En particulier, si l'on se réfère ici à la proposition 1 qui caractérise la convention optimale en l'absence de toute imperfection dans l'information des parties, il est facile de voir que dans (3) et (4), les termes $\phi'(\bar{a})$ et $\psi(\bar{e})$ doivent être écrits $\phi'_a(\bar{a},\theta)$ et $\psi_e(\bar{e},\theta)$, et donc toute la politique $(\bar{p},\bar{a},\bar{e})$ dépend en fait de θ de manière complexe. En se reportant à l'annexe, on peut compléter d'ailleurs les propositions 1 et 2 et leurs corollaires par l'étude de l'impact des conditions de l'exploitation sur la politique optimale d'information parfaite. Pour ce faire, on introduit formellement l'hypothèse H3:

- H3: $\forall (a, e, \theta),$ i) $\phi_{\theta}(a, \theta) \geq 0$ et $\psi_{\theta}(e, \theta) \geq 0;$
 ii) $\phi_{a\theta}(a, \theta) \geq 0 = \phi_{a\theta}(0, \theta)$ et $\psi_{e\theta}(e, \theta) \geq 0 = \psi_{e\theta}(0, \theta).$

Il vient alors:

Proposition 6: Sous H1-2-3, la convention optimale en information parfaite caractérisée par $(\bar{p}(\theta), \bar{a}(\theta), \bar{e}(\theta))$, est telle que $\bar{p}(\cdot)$ est une fonction croissante de θ et $\bar{a}(\cdot)$ et $\bar{e}(\cdot)$ sont des fonctions décroissantes de θ .

Corollaire 6: La proposition 6 est aussi vraie à tarif p^0 fixé.

Plus les conditions d'exploitation se dégradent, plus le coût marginal interne des politiques de commercialisation et de gains de productivité augmente; l'A.O. requiert donc un moindre niveau de ces politiques, pour limiter les subventions mises en oeuvre; le coût marginal de production est donc plus élevé et détermine un tarif plus élevé.

La conséquence de cette proposition est que si l'A.O. n'a pas connaissance de θ , elle ne peut compter sur l'exploitant pour lui révéler honnêtement le paramètre θ . En effet, en surestimant θ par $\theta' > \theta$, c'est à dire en dépeignant des conditions d'exploitation plus défavorables, l'exploitant se voit demander des efforts moindres; sa subvention diminue aussi à concurrence de:

$$\bar{t}(\theta') = -\bar{r}(\theta') + \bar{c}(\theta') + \phi(\bar{a}(\theta'), \theta') + \psi(\bar{e}(\theta'), \theta')$$

Le profit de l'exploitant est donc:

$$\begin{aligned} \pi' &= \bar{t}(\theta') + \bar{r}(\theta') - \bar{c}(\theta') - \phi(\bar{a}(\theta'), \theta) - \psi(\bar{e}(\theta'), \theta) \\ &= \int_{\theta}^{\theta'} \left(\phi_{\theta}(\bar{a}(\theta'), x) + \psi_{\theta}(\bar{e}(\theta'), x) \right) dx \geq 0. \end{aligned}$$

L'exploitant, confronté à la convention optimale d'information parfaite a donc intérêt à surestimer la difficulté de sa tâche, et donc à mentir sur le paramètre des conditions d'exploitation.

La présence d'information privée de l'exploitant sur les caractéristiques du réseau et les conditions d'exploitation détruit la réalisabilité de la convention d'information parfaite, parce qu'elle n'autorise pas l'A.O. à avoir accès à l'information. Pour déterminer la convention optimale dans un cadre de sélection, il faut donc introduire la dimension stratégique de manipulation de l'information par l'exploitant. Dans le cadre présent, une convention sous une forme générale correspond à la détermination d'une fonction de subvention, conditionnée par les

variables observables a , e , p et éventuellement par des messages envoyés par l'exploitant, en réponse à la demande de l'A.O., soit:

$$t = T(p, a, e, m) \quad (14)$$

Le principe de révélation indique, face à cette forme très, voire trop, générale de contrat, qu'il n'y a aucune perte de généralité à se restreindre à un mécanisme de la forme suivante:

l'exploitant annoncera la valeur des paramètres des conditions d'exploitation du réseau, notée $\tilde{\theta}$; cette annonce conditionnera le tarif, les efforts de commercialisation et de productivité et la subvention versée comme suit: $p = p(\tilde{\theta})$, $a = a(\tilde{\theta})$, $e = e(\tilde{\theta})$, $t = t(\tilde{\theta})$.

Un tel mécanisme est appelé direct, parce qu'il demande à l'exploitant de décrire les conditions d'exploitation qu'il est seul à connaître. De plus, le principe de révélation démontre que l'on peut se restreindre à des mécanismes directs qui soient révélateurs, c'est à dire, en l'occurrence, tels que l'exploitant, en maximisant ses intérêts propres, a priori distincts de la pure révélation de l'information, soit conduit à révéler exactement les valeurs qu'il sait être celles des paramètres descriptifs du réseau de transport urbain. La démonstration classique de ce résultat consiste simplement, partant de n'importe quel mécanisme général de type (14), à retenir la stratégie d'équilibre de l'exploitant face à ce mécanisme général, notée $\left[p^*(.), a^*(.), e^*(.), m^*(.) \right]$, de l'ensemble des θ dans l'ensemble des décisions et messages possibles, et de considérer le mécanisme direct qui à une annonce $\tilde{\theta}$ impose les décisions $p^*(\tilde{\theta})$, $a^*(\tilde{\theta})$ et $e^*(\tilde{\theta})$ et les transferts $T\left[p^*(\tilde{\theta}), a^*(\tilde{\theta}), e^*(\tilde{\theta}), m^*(\tilde{\theta}) \right]$.

Notre première tâche est donc de déterminer quel est l'ensemble des conventions directes révélatrices. La détermination des conventions directes révélatrices est un problème qui n'a pas reçu de réponse parfaite dans la mesure où le nombre des instruments à la disposition de l'A.O. est supérieur à 2 (ici 4: p , a , e et t). On ne sait, dans de telles situations, que dériver des conditions nécessaires, et un ensemble strictement plus contraignant de conditions suffisantes. Nous nous contentons ici des conditions suffisantes, et nous ferons ultérieurement l'hypothèse H4 qui permet de négliger des cas plus complexes. Les techniques adoptées ici sont standards quoique qu'un peu délicates, et tous les détails sont fournis en annexe.

Ainsi, nous allons nous restreindre à chercher la convention optimale

dans la classe caractérisée dans la proposition suivante.

Proposition 7: Sous les hypothèses H1-2-3, $\left(p(.), a(.), e(.), t(.)\right)$ est une convention directe révélatrice si, en notant:

$$\pi(\theta) = t(\theta) + r(p(\theta), a(\theta)) - c(p(\theta), a(\theta), e(\theta)) - \phi(a(\theta), \theta) - \psi(e(\theta), \theta),$$

on a: $a(.)$ et $e(.)$ sont des fonctions décroissantes de θ , et

$$\pi(\theta) = \bar{\pi} + \int_{\theta}^{\bar{\theta}} \left(\phi_{\theta}(a(x), x) + \psi_{\theta}(e(x), x) \right) dx \quad (15)$$

Cette proposition de caractérisation est extrêmement importante car elle indique clairement le point essentiel qui est la source de l'analyse de toute cette section sur la situation de sélection. La détention d'une information privée par l'exploitant impose à l'A.O. de ne pouvoir utiliser que des conventions qui laisse à l'exploitant un profit ex-post positif. On dit que l'exploitant retire de sa situation informée, une *rente informationnelle*. Cette rente correspond au prix d'acquisition de l'information par l'A.O.. L'information de l'exploitant peut être considérée comme un bien que l'A.O. achète à l'exploitant, pour pouvoir ensuite l'utiliser pour calculer la meilleure politique à mettre en oeuvre. Notons en passant que le problème ne réside pas dans le fait d'acheter ou de ne pas acheter l'information, si celle-ci s'avère trop onéreuse à acquérir; le problème est que le prix d'acquisition de l'information dépend directement de l'utilisation que l'A.O. s'engage à en faire ultérieurement, c'est à dire des fonctions d'efforts qu'elle imposera après révélation; minimiser le coût d'acquisition de l'information revient donc, pour l'A.O., à s'engager à ne pas utiliser cette information ultérieurement, c'est à dire à $a(\theta) = e(\theta) = 0$.

La rente informationnelle de l'exploitant croît avec la qualité des conditions d'exploitation. Lorsque θ diminue, les conditions d'exploitation sont plus favorables, et l'A.O. doit payer une prime additionnelle pour inciter l'exploitant à reconnaître cette amélioration des conditions au lieu de surestimer les difficultés auxquelles il fait face. Globalement donc, la révélation d'une meilleure information est plus coûteuse.

Une condition suffisante pour qu'une politique hors subvention, $\left(p(.), a(.), e(.)\right)$ puisse être mise en oeuvre par un choix judicieux de subvention est que les efforts demandés, tant de commercialisation que de productivité, diminuent lorsque les conditions d'exploitation se révèlent être plus défavorables. Une convention peut donc inciter à des efforts de

la part de l'exploitant capables d'améliorer les conditions d'exploitation, sans pour autant que les efforts demandés viennent renverser l'état naturel de ces conditions: les efforts de commercialisation ou de productivité ne peuvent transformer un état d'extrême difficulté en une situation socialement plus désirable que si l'état de la nature avait été à l'origine favorable.

Dans la suite, la rente informationnelle que (15) détermine va peser sur les finances locales de l'A.O. qui va donc vouloir limiter cette rente, sans pour autant se priver des connaissances de l'exploitant sur les conditions d'exploitation du réseau. Cet arbitrage est l'objet de la sous-section suivante, qui caractérise la convention optimale, parmi les conventions autorisées par la proposition 7.

4.2 La convention révélatrice optimale de sélection

Pour caractériser la convention révélatrice optimale, il nous faut résoudre un problème de contrôle optimal. Dans ce problème, les contraintes de variation monotone de $a(\cdot)$ et de $e(\cdot)$, telles qu'elles apparaissent dans la proposition 7, sont particulièrement délicates à traiter. C'est pourquoi nous allons présenter une hypothèse supplémentaire, qui implique que le programme de contrôle optimal où ces contraintes sont omises, a, d'une part, les bonnes propriétés de concavité, et d'autre part, délivre une solution qui vérifie les contraintes de variation monotone. Cette solution est alors bien celle du programme avec contrainte, et elle détermine bien, compte tenu des conditions suffisantes de la proposition 7 la convention optimale en information incomplète.

H4: i) $\phi_\theta(a, \theta)$ est convexe en a et $\phi_{\theta\theta_a}(a, \theta) \geq 0$;
 ii) $\psi_\theta(e, \theta)$ est convexe en e et $\psi_{\theta\theta_e}(e, \theta) \geq 0$.

La première partie de chacune de ces deux sous-hypothèses confère au programme envisagé les propriétés de concavité requises pour que la solution soit caractérisée par les conditions nécessaires du premier ordre. La seconde partie conditionne la propriété de sens de variation monotone des solutions des conditions de premier ordre.

L'analyse menée en annexe est résumée dans la proposition 8, avec la notation utilisée pour le ratio statistique: $\xi(\theta) = F(\theta)/f(\theta)$, supposé croissant en θ .

Proposition 8: Sous les hypothèses H1-2-3-4, la convention révélatrice optimale en situation d'information incomplète est donnée par: $\bar{\pi} = 0$,

$$p^*(\theta) = \frac{kD + (1+k)h(e^*(\theta))}{1 + 2k} \quad (16)$$

$$\psi_e(e^*(\theta), q) + \xi(\theta)\psi_{e\theta}(e^*(\theta), \theta) = -h'(e^*(\theta))q^*(\theta) - F'(e^*(\theta)) \quad (17)$$

$$\phi_a(a^*(\theta), \theta) + \xi(\theta)\phi_{a\theta}(a^*(\theta), \theta) = \frac{1+k}{2(1+2k)}g'(a^*(\theta))(D-h(e^*(\theta)))^2 \quad (18)$$

et $q^*(\theta) = g(a^*(\theta))(D-p^*(\theta))$.

Corollaire 8: Sous les hypothèses H1-2-3-4 et à tarif p^0 fixé, la convention révélatrice optimale d'information incomplète est donnée par:

$$g'(a^*(\theta)) \left(\frac{(D-p^0)^2}{2(1+k)} + (D-p^0)(p^0-h(e^*(\theta))) \right) = \phi_a(a^*(\theta), \theta) + \xi(\theta)\phi_{a\theta}(a^*(\theta), \theta) \quad (19)$$

$$-(D-p^0)g(a^*(\theta))h'(e^*(\theta)) - F'(e^*(\theta)) = \psi_e(e^*(\theta), q) + \xi(\theta)\psi_{e\theta}(e^*(\theta), \theta) \quad (20)$$

Les résultats de la proposition 8 et de son corollaire appellent quelques commentaires, essentiellement fondés sur la comparaison avec les résultats (2)-(6) de la proposition 1 et de son corollaire.

La première constatation est que la formule de tarification est la même, qu'il y ait ou non information privée de l'exploitant sur les paramètres des conditions d'exploitation. Précisément, à effort de productivité fixé et donc à coût marginal fixé, le tarif qui réalise l'arbitrage optimal entre la maximisation du surplus net des usagers et la minimisation des distortions fiscales induites par les transferts, est la règle de tarification à la Ramsey-Boiteux: la marge, ou indice de Lerner, de l'exploitant doit être proportionnelle à l'inverse de l'élasticité de la demande, le coefficient de proportionalité dépendant du coût des fonds publics. Mais (2) et (16) ne sont pas pour autant identiques, puisque que les autres équations déterminent des efforts de productivité $e^*(\theta)$ qui sont généralement différents de ceux réclamés dans la situation d'information parfaite, c'est à dire de $\bar{e}(\theta)$. Nous allons voir qu'en situation d'information incomplète, ou de sélection, les efforts de productivité demandés sont moindres pour les mêmes conditions d'exploitation qu'en situation d'information parfaite; on en déduit que le coût marginal sera plus élevé quand l'A.O. a un déficit informationnel et donc que la tarification est plus élevée.

Le fait que la règle de tarification optimale soit celle de la

situation d'information parfaite, à coût marginal donné, provient de ce que, pour un couple fixé d'efforts de commercialisation et de productivité, le coût interne de ces efforts est fixé, et l'exploitant n'a aucun intérêt à falsifier son annonce pour obtenir un prix différent puisque les montants de ses recettes et de ses coûts, qui dépendent de ce tarif adopté, servent de base à la détermination de ses subventions, et que donc une telle falsification se répercuterait intégralement sur la subvention reçue, laissant à l'exploitant la même utilité indépendamment de son annonce. On peut se convaincre de cette propriété en supposant a et e fixés, auquel cas le profit d'un exploitant qui détient une information θ sur les conditions d'exploitation dépend de son annonce $\tilde{\theta}$ par l'intermédiaire des fonctions de tarif et de subvention:

$$\pi(\tilde{\theta};\theta) = t(\tilde{\theta}) + r(p(\tilde{\theta}),a) - c(p(\tilde{\theta}),a,e) - \phi(a,\theta) - \psi(e,\theta)$$

Dans ces conditions, il est clair que l'annonce optimale pour l'exploitant est indépendante de sa véritable information, sauf lorsqu'il est indifférent entre toutes les annonces, c'est à dire si $t(\tilde{\theta}) + r(p(\tilde{\theta}),a) - c(p(\tilde{\theta}),a,e)$ est indépendant de $\tilde{\theta}$, égal disons à t_0 . Dans ce cas, l'A.O. devra de toute façon verser la rente $t_0 - \phi(a,\theta) - \psi(e,\theta)$, indépendamment de la tarification: autant donc proposer la tarification de Ramsey-Boiteux, optimale du point de vue social. En somme, la problématique de la révélation est attachée, dans ce modèle, non à des manipulations de tarifs par l'exploitant, mais à son désir de s'économiser la peine de mettre en oeuvre des politiques de commercialisation ou de gains de productivité.

Attachons-nous maintenant aux équations d'efforts, à tarif fixé ou optimisé. On a vu qu'avec la politique d'information parfaite, l'exploitant voudrait induire l'A.O. à penser que θ est plus grand que ce qu'il n'est en réalité, de manière à être compensé plus que nécessaire pour ses efforts. Le terme intégral dans (15), qui se retrouve dans la subvention optimale,

$$t^*(\theta) = \int_{\theta}^{\bar{\theta}} \left(\phi_{\theta}(a^*(x),x) + \psi_{\theta}(e^*(x),x) \right) dx \\ - r(p^*(\theta),a^*(\theta)) + c(p^*(\theta),a^*(\theta),e^*(\theta)) + \phi(a^*(\theta),\theta) + \psi(e^*(\theta),\theta)$$

sert justement à corriger cette tendance, mais implique le versement d'une rente informationnelle à l'exploitant. Cette rente dépend des efforts demandés d'une manière assez subtile. En particulier, elle doit assurer à l'exploitant pour les conditions θ_1 au moins l'utilité qu'il aurait s'il prétendait que $\theta = \theta_2$ avec $\theta_2 > \theta_1$. Cette dernière utilité dépend des efforts

demandés $a^*(\theta_2)$ et $e^*(\theta_2)$. Ainsi, la détermination des efforts optimaux en information incomplète suit la logique d'information parfaite à laquelle il faut rajouter un terme d'*externalité informationnelle*. Celui-ci indique que lorsque l'on augmente de da (ou de de) l'effort a (ou e) pour les conditions θ_2 , on augmente pour tout $\theta_1 < \theta_2$ l'utilité d'annoncer θ_2 de:

$$\phi(a^*(\theta_2)+da, \theta_2) - \phi(a^*(\theta_2)+da, \theta_1) = \left(\int_{\theta_1}^{\theta_2} \phi_{a\theta}(a^*(\theta_2), s) ds \right) da$$

$$\psi(e^*(\theta_2)+de, \theta_2) - \psi(e^*(\theta_2)+de, \theta_1) = \left(\int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi_{e\theta}(e^*(\theta_2), s) ds \right) de$$

et l'on doit donc augmenter les subventions versées à tout $\theta_1 < \theta_2$ du montant correspondant, tous les types $\theta_1 < \theta_2$ représentant une proportion $F(\theta_2)/f(\theta_2)$, soit $\xi(\theta_2)$. D'où les termes de correction incitative dans les équations (17)-(18) ou (19)-(20).

Par rapport à la règle de détermination des efforts en information parfaite, l'A.O. aura donc tendance à requérir des efforts plus modestes de la part de l'exploitant, pour ne pas payer de prime de révélation trop importante. Cette modification entraîne des tarifs plus élevés, et donc une demande moindre, sur laquelle il est encore moins désirable de promouvoir des efforts de commercialisation ou de productivité; ceci renforce encore l'effet de diminution des incitations à l'effort. On obtient finalement:

$$\forall \theta > \underline{\theta}, a^*(\theta) < \bar{a}(\theta) \text{ et } e^*(\theta) < \bar{e}(\theta)$$

En $\theta = \underline{\theta}$, l'externalité est absente puisqu'aucun type $\theta_1 < \underline{\theta}$ n'existe: la règle d'effort est donc la règle d'information parfaite dans ce cas extrême.

En résumé, les règles de détermination d'effort obéissent à une logique d'égalisation du bénéfice marginal social avec le coût marginal social, somme du coût marginal privé pondéré du coût des fonds publics, et du coût en termes d'externalité informationnelle.

Un analogue direct des propositions de statique comparative portant sur la politique d'information parfaite (Propositions 2 et 6 et corollaires associés) peut être démontré aisément.

Proposition 9: Sous les hypothèses H1-2-3-4, la convention optimale en situation de sélection vérifie les propriétés suivantes:

- lorsque le coût marginal interne des efforts augmente (ϕ_a ou ψ_e augmentent), le tarif optimal augmente et les efforts optimaux diminuent;
- lorsque le coût des fonds publics augmente, le tarif optimal augmente et les efforts optimaux diminuent;

- lorsque les conditions d'exploitation sont moins favorables, le tarif optimal augmente et les efforts optimaux diminuent.

Corollaire 9: Sous H1-2-3-4 et à tarif p^0 fixé, la proposition 9 reste vraie et, de plus,

- lorsque le paramètre de demande augmente, les efforts croissent.

Ces propriétés n'appellent pas de remarque particulière tant elles sont proches de celles précédemment évoquées. Toutefois, il faut noter que la dernière propriété de la proposition 9 est en fait implicite dans la caractérisation de la proposition 8 puisqu'elle indique que les propriétés de sens de variation monotone, requises comme conditions suffisantes de révélation (voir proposition 7) sont bien satisfaites, et donc que la convention déterminée par les conditions de premier ordre est bien la convention optimale dans la classe des conventions révélatrices.

A la place d'une convention de type autoritaire, où les tarifs, les efforts et les subventions sont fixés en fonction des conditions d'exploitation que révèlent l'exploitant, on peut considérer la convention optimale comme l'assignation d'un tarif et d'objectifs de recettes et de coûts, en fonction de l'annonce de l'exploitant, et du versement d'une subvention composée d'un fixe (dépendant de l'annonce) et d'intéressements aux (dépassements de) recettes et aux (dépassements de) coûts. Cette interprétation, dans le cas où les efforts peuvent être contrôlés mais où recettes et coûts réalisés sont aléatoires, fournit encore une fois une référence pour la discussion ultérieure. Elle impose que les coefficients d'intéressement soient égaux à -1 dès l'instant que l'exploitant est averse au risque de revenu, quelle que soit la forme exacte de cette aversion. La convention est de type gérance, et l'exploitant est parfaitement assuré contre les risques commerciaux et industriels, puisqu'il n'y a ici aucune raison incitative d'imposer un risque à l'exploitant.

On voit que la similitude des conclusions du modèle dans la situation d'information parfaite et dans la situation d'information incomplète dite de sélection rend l'identification de problèmes de sélection dans notre échantillon de conventions tout à fait difficile. Les corrélations prédites sont similaires, et les différences mises à jour se situent au niveau quantitatif plutôt qu'au niveau qualitatif. La manière correcte de tester le modèle en information incomplète serait donc d'estimer conjointement le modèle et une distribution objective des conditions d'exploitation de réseau $F(\cdot)$, compte tenu des données disponibles sur les résultats des exploitants

lors de l'exécution des conventions que nous avons analysées. Etant donné le nombre de conventions de notre échantillon et la maigre qualité des données qui en ressortent, une telle tentative semble en l'occurrence vouée à l'échec. Elle requerrait de plus un degré élevé d'expertise économétrique. Par contre, si l'on rajoute la dimension d'incitation aux efforts de commercialisation ou de productivité, la présence de problèmes de sélection peut être identifiée de manière plus explicite, comme le montre la sous-section suivante.

4.3 La situation mixte: révélation et incitations

Considérons, donc, pour parachever l'étude, le cas où, à la méconnaissance du paramètre θ par l'A.O., s'ajoute la non-observabilité des efforts et la présence d'aléas affectant la réalisation des recettes et des coûts finalement observés. D'après le principe de révélation d'une part, on peut se restreindre à des conventions révélatrices; d'après la structure stochastique et les préférences de type moyenne - variance d'autre part, on peut se restreindre à des conventions linéaires par rapport aux observables. Ainsi, la convention peut prendre la forme d'une fixation de tarif, fonction de l'annonce $\tilde{\theta}$ de l'exploitant, et d'une subvention comportant un fixe, fonction de $\tilde{\theta}$, et des intéressements linéaires aux recettes et aux coûts, les coefficients d'intéressement dépendant bien entendu de $\tilde{\theta}$.

Le premier résultat réplique dans ce cadre général la démarche qui mène à la proposition 3. En l'absence de problème de sélection, avec $\hat{B}=0$ et $\hat{A}$ donné dans la proposition 3, l'exploitant adopte tout de même les efforts optimaux. Il est d'ailleurs aisé de constater qu'à tarif fixé p^0 , $\hat{A}$ ne dépend pas de θ , et qu'avec optimisation du tarif, $\hat{A}$ étant une fonction décroissante du coût marginal, donc croissante des efforts, $\hat{A}(\theta)$ est donc décroissante en θ : plus les conditions sont objectivement défavorables, moins l'exploitant supporte le risque commercial. La question est donc maintenant: en l'absence d'aversion au risque de la part de l'exploitant mais avec des problèmes de sélection, peut-on trouver des coefficients d'intéressement $\hat{A}^*(\theta)$ et $\hat{B}^*(\theta)$ qui incitent l'exploitant à bien adopter spontanément les efforts $a^*(\theta)$ et $e^*(\theta)$ quand les conditions d'exploitation sont décrites par θ ?

Si tel est le cas, écrivons alors la subvention sous la forme de dépassements de recettes et de coûts; elle est nécessairement de la forme:

$$\hat{t}^*(\theta) = t^*(\theta) + \hat{A}^*(\theta) \left(\tilde{r} - r^*(\theta) \right) - \hat{B}^*(\theta) \left(\tilde{c} - c^*(\theta) \right)$$

puisqu'alors, si l'exploitant annonce la vraie valeur de θ et adopte les efforts appropriés, il obtient exactement la rente découlant de la Proposition 8. Confronté à une telle convention, le problème de l'exploitant est du même type que celui menant aux équations (10) et (11) avec en plus le problème de déterminer son annonce $\tilde{\theta}$. En supposant qu'il y a effectivement révélation, les équations (10) et (11) sont encore valables, mais avec les indices $*$ appropriés. En identifiant alors ces équations avec celles de la proposition 8, on trouve:

Proposition 10: Sous H1-2-3-4, la solution en situation de sélection pure est décentralisable en situation mixte, quand l'exploitant est neutre au risque de revenu, par l'intermédiaire d'une subvention comportant un fixe $t^*(\tilde{\theta})$, fonction de l'annonce de l'exploitant, et des coefficients d'intéressement:

$$\hat{B}^* = -\xi \psi_{e\theta}(e^*, \theta) \left(\psi_e(e^*, \theta) + \xi \psi_{e\theta}(e^*, \theta) \right)^{-1} \quad (21)$$

$$\hat{A}^* = \frac{D - p^*}{2(1+k)p^*} + \hat{B}^* \frac{h(e^*)}{p^*} - \xi \frac{\phi_{a\theta}(a^*, \theta)}{p^* g'(a^*)(D-p^*)} \quad (22)$$

Les coefficients vérifient: $\hat{B}^*(\theta) \leq \hat{B}(\theta) = 0$

$$\hat{A}^*(\theta) \leq \frac{D - p^*}{2(1+k)p^*} \leq \frac{D - \bar{p}}{2(1+k)\bar{p}} = \hat{A}(\theta)$$

Corollaire 10: Sous H1-2-3-4 et à tarif p^0 fixé, la proposition 10 reste correcte avec les indices $*$ remplacés par 0 , pour indiquer la contrainte de tarif $p = p^0$.

Les résultats obtenus dans cette situation mixte avec neutralité au risque sont moins forts que ceux de la proposition 3 et de son corollaire parce qu'aucun résultat de statique comparative par rapport aux paramètres du modèle ne figure dans la proposition 10 et son corollaire. L'information incomplète introduit un biais à la baisse des coefficients d'intéressement, dû à la diminution des efforts souhaités pour limiter la rente informationnelle de l'exploitant. Mais ce biais n'est pas nécessairement monotone avec k , D ou même les conditions d'exploitation θ .

L'autre cas polaire qu'il est possible de traiter dans cette situation mixte est bien sûr celui de l'aversion pour le risque infinie, $\Delta \rightarrow +\infty$. Dans ce cas, il est trivial, en se servant de H1 et de la limitation qu'elle impose sur l'intensité des effets de toute forme d'incitation, de montrer encore une fois que les coefficients d'intéressement doivent répondre à la

logique de l'assurance de l'exploitant: la convention tend alors à être une convention de gérance, avec $\hat{A}^* = \hat{B}^* = -1$, pour tout θ .

De même, lorsque la volatilité des recettes augmente indéfiniment, le coefficient d'intéressement aux recettes doit converger vers -1. Enfin, lorsque la volatilité des coûts augmente indéfiniment, le coefficient $\hat{B}^*$ d'intéressement aux dépassements de coûts doit converger vers -1. Il n'y a aucune intuition nouvelle derrière ces résultats, puisque les phénomènes dus à la dimension de sélection sont écrasés par la nécessité d'assurer l'exploitant.

Pour obtenir des résultats aussi forts et précis que ceux constituant la proposition 5 et son corollaire, on pourrait reprendre le même modèle discret et y adjoindre la logique de la situation de sélection. Cet exercice n'aurait pas grand intérêt dans la mesure où il n'aboutirait pas à améliorer encore notre compréhension des phénomènes en jeu. De fait, l'intuition que nous avons développée tout au long des précédentes sections, nous permet de deviner dès à présent les résultats que l'on serait en droit d'attendre d'un tel modèle discret.

En général, aucune relation monotone ne peut être dégagée, mais les résultats extrêmes ainsi que la proposition 5 suggèrent que les coefficients d'intéressement ne peuvent être croissants tout le temps lorsque l'aversion pour le risque Δ et les volatilités des recettes et des coûts croissent. De plus, avec un peu plus de structure spécifique, on peut exhiber des situations (modèle discret) où ces coefficients décroissent et convergent vers -1 quand Δ , σ_ρ^2 et σ_γ^2 croissent. Par rapport à la situation d'incitation pure, cette décroissance et convergence vers une convention de gérance se fait à une vitesse accélérée, c'est à dire pour des valeurs de l'aversion pour le risque et du risque plus modérées.

La proposition 10 et son corollaire montre de plus que la statique comparative de $\hat{A}^*$ et $\hat{B}^*$ par rapport au coefficient de coût des fonds publics, ou au coefficient de la demande D n'est pas facilement déterminable. Mais les propriétés des bornes entre lesquelles $\hat{A}^*$ et $\hat{B}^*$ sont censés évoluer, à savoir $[-1, \hat{A}]$ et $[-1, \hat{B}]$, suggèrent encore une fois que globalement, les coefficients d'intéressement ne peuvent être toujours croissants en k et décroissants en D : il existe nécessairement des plages où ces coefficients sont décroissants en k et croissants en D , et il paraît légitime de penser qu'avec une structure plus spécifique du modèle, on peut exhiber des cas où ces coefficients sont partout décroissants avec le coût des fonds publics et partout croissants avec le paramètre d'intensité de la

demande.

En somme, les conclusions de la proposition 5 et de son corollaire semblent tout à fait appropriées pour servir de base à l'estimation statistique puisqu'elles sont qualitativement robustes à l'introduction d'une dimension de sélection dans le problème. Quantitativement, la différence se résume à un biais systématique vers une convention de type gérance lorsque des problèmes graves de sélection entâchent les relations entre l'A.O. et l'exploitant.

V- ANALYSE EMPIRIQUE ET CONCLUSIONS

L'analyse théorique développée dans le chapitre IV a fait apparaître un certain nombre de facteurs susceptibles d'intervenir dans le choix par une autorité organisatrice d'une nouvelle forme de convention d'exploitation pour son réseau de transport urbain. Dans le cadre déjà bien défini de notre étude, ces facteurs devraient donc normalement jouer un rôle dans la détermination des coefficients A et B qui caractérisent ces conventions.

On résumera dans un premier temps ces conclusions, en prenant pour base les résultats du modèle discret. En effet celui-ci, on l'a vu, permet d'aller plus loin dans l'exploitation des résultats théoriques. De plus, le chapitre II a clairement établi que les conventions réelles sont bien caractérisées, dans leur grande majorité, par des coefficients A et B proches de -1 ou 0; le modèle discret qui restreint a priori ces coefficients à ne prendre que ces valeurs extrêmes, semble donc tout à fait adapté à l'étude empirique.

Les paramètres du modèle théorique et leur interprétation ne se traduisent pas de manière évidente en la définition de variables effectivement observées et quantifiées dans l'annuaire statistique des 101 réseaux du CETUR, par exemple. On développera donc le modèle empirique retenu, reposant sur des variables concrètes, dont on indiquera le lien avec les variables abstraites du modèle théorique. Le cadre structurel étant alors bien cerné, nous pourrons présenter les ajustements économétriques obtenus et en commenter les principales caractéristiques, complétant ainsi l'étude statistique des conventions de transport urbain.

5.1 Résumé des résultats du modèle théorique

Dans cette section, nous nous proposons de regrouper les conclusions dégagées au cours de l'analyse, de manière à comprendre quelles variables sont susceptibles d'affecter les valeurs des coefficients d'intéressement aux (dépassements de) recettes et aux (dépassements de) coûts, selon quel mécanisme, et avec quelle amplitude.

Les problèmes d'incitation et l'efficacité relative des efforts

La dimension "incitation à l'effort" doit se comprendre comme la nécessité de motiver l'exploitant pour qu'il s'engage dans une politique

soit de commercialisation active, soit de gains de productivité, dans un contexte où ces politiques représentent un coût interne en termes d'organisation, de motivation du personnel et de resserrement des contraintes de fonctionnement internes, et où ces politiques ne sont pas directement et facilement contrôlables par l'A.O.. Cette dimension est cruciale, dans le modèle théorique, pour expliquer l'émergence de conventions, dans lesquelles le partage des risques ne découle pas simplement d'une logique d'assurance, comme les conventions de gérance.

Si les efforts de marketing et la politique de commercialisation sont de faible intérêt pour l'A.O., la convention doit garantir un niveau fixe de recettes d'exploitation ex-ante, dès l'instant où l'exploitant réclamerait une prime de risque face à quelle qu'incertitude que ce soit. Le coefficient d'intéressement doit être -1: les recettes effectives doivent être encaissées par l'A.O., et une recette fixe doit être reversée à l'exploitant. Si, de plus, l'A.O. ne désire pas mettre l'accent sur la nécessité de dégager des gains de productivité, alors le coefficient d'intéressement aux coûts doit aussi être -1; les variations imprévues des coûts doivent être supportées par l'A.O.. La convention est alors une convention de gérance. Si, par contre, des objectifs de contrôle des coûts et d'incitation aux gains de productivité caractérisent l'A.O., la convention doit laisser l'exploitant supporter une partie du risque industriel; la convention peut alors évoluer de la gérance avec intéressement aux coûts jusqu'à devenir une convention à prix ou recettes forfaitaires, où l'exploitant supporte tout le risque industriel marginal.

Supposons maintenant que l'A.O. désire que l'exploitant améliore la perception des transports urbains par les usagers, avec une politique de commercialisation ou de contrôle de la qualité du service. Une part du risque commercial doit alors être supportée par l'exploitant, et le coefficient d'intéressement aux recettes doit évoluer jusqu'à éventuellement laisser tout le risque commercial marginal à la charge de l'exploitant: dans ce cas, les recettes effectives restent au bénéfice ou au détriment de l'exploitant. Si, dans cette situation, il existe aussi un désir d'induire des gains de productivité, l'exploitant supportera non seulement le risque commercial marginal, mais aussi le risque industriel marginal, dans une convention qui s'approche alors d'une convention aux risques et périls.

Si, par contre, aucun gain de productivité n'est particulièrement important, la logique tend à ce que l'exploitant supporte le risque commercial mais soit assuré sur le risque industriel. Cette situation ne

correspond pas à une convention type; dans les faits, on se reportera au chapitre II pour constater que les conventions de Calais et Dunkerque se rapprochent de cette logique, pour une certaine marge de risques.

Ainsi, une convention à prix ou recette forfaitaire présuppose un souci majeur de la part de l'A.O. d'inciter l'exploitant à une politique de gains de productivité, et une convention aux risques et périls présuppose en plus un souci également très vif d'inciter à une politique de commercialisation active.

Prolongeant la discussion sur la présence de problèmes d'incitations, on peut identifier l'efficacité relative des efforts de commercialisation par la stimulation marginale de la demande impliquée par l'effort a relativement à son coût marginal interne, soit g/ϕ dans le modèle discret et g'/ϕ_a en général. De même, l'efficacité relative des efforts de productivité peut être identifiée à la diminution marginale des coûts rapportée au coût marginal interne d'une telle politique, soit c/ψ et F/ψ dans le modèle discret, et h'/ψ_e et F'/ψ_e en général.

Les résultats ont montré que lorsque l'efficacité relative des efforts de commercialisation est faible, la convention optimale ne stimule pas beaucoup ces efforts et assure les risques commerciaux. La convention ne peut donc pas être aux risques et périls, mais plutôt de type gérance ou prix forfaitaire.

En pratique, tel sera le cas a priori lorsque le réseau ne connaît pas de modifications profondes et que la population locale s'est répartie de manière stable entre les transports urbains et les autres modes de déplacement. Une manière envisageable de quantifier cet aspect est de considérer que lorsque le taux de remplissage et/ou le taux de recettes unitaires ne se dégradent pas, voire s'améliorent, la priorité d'une politique de commercialisation s'atténue. Une approche alternative consiste à mesurer les modifications de réseau, soit par la création de nouvelles lignes, soit par l'apparition d'un réseau en site propre à côté du réseau bus, soit enfin par la variation des kilomètres de dessertes: dans les trois cas, une mesure allant dans le sens d'une profonde modification implique plutôt un renforcement de l'importance de la commercialisation.

Du point de vue de l'efficacité relative des efforts de productivité, les résultats suggèrent qu'une faible efficacité relative atténue les incitations à la productivité et donc entraîne une politique d'assurance des risques industriels. Ceci n'est compatible qu'avec une convention de gérance (ainsi qu'avec les conventions atypiques de Calais et Dunkerque,

pour les raisons citées précédemment).

En pratique, il est naturel de s'attendre à une faible efficacité relative dans les cas où le personnel et le matériel sont stables et que les indicateurs de productivité ne se sont pas dégradés. On pourra donc songer à quantifier les situations selon le taux de rotation du matériel et du personnel. Si celui-ci est anormalement élevé, on peut soupçonner que le souci d'inciter l'exploitant à former le personnel et à mieux entretenir le matériel sera un souci majeur. De même, une trop forte dégradation des indicateurs de coût unitaire précédant la signature de la convention pourra être considérée comme symptomatique d'une situation où il est impératif de peser sur les coûts.

Le rôle de l'incertitude

Sans risque, sans incertitude dans l'activité de l'exploitant, on ne peut bien sûr donner aucun rôle raisonnable aux différentes formes de conventions. La comparaison des partages des risques commerciaux et industriels présuppose donc que l'exploitation d'un réseau est activité soumise à différents aléas.

La première caractéristique à retenir est l'attitude des parties en cause face aux risques. On a en fait insisté sur l'aversion (ou la neutralité) de l'exploitant vis à vis des risques affectant son profit. Il est apparu que les conventions à prix forfaitaire, et encore plus les conventions aux risques et périls sont théoriquement incompatibles avec une grande aversion pour le risque de la part de l'exploitant. Si l'exploitant réclame une forte prime pour compenser les aléas de ses profits, alors la convention doit être très proche d'une convention de gérance, c'est à dire d'assurance. L'aversion pour le risque est résumée par le paramètre Δ .

L'aversion pour le risque est difficile à quantifier, en réalité, d'autant que les exploitants considérés ne sont généralement pas indépendants et monoproduit. On peut donc penser à identifier l'attitude de l'exploitant en regard des risques à celle du groupe dont il dépend. Pour les rares exploitants indépendants, il est difficile de se procurer des données sur leur demande d'assurance, ou sur les variations de leur résultats d'exploitation par rapport à leur structure financière; il est simplement raisonnable de penser qu'ils sont très hostiles à de grandes variations de leurs résultats. Pour les exploitants dépendant de groupe, la surface financière, la structure du capital et la part d'endettement, la diversité des activités et donc des risques semblent autant de facteurs susceptibles d'expliquer l'attitude du groupe face au risque. Sans entrer

dans ces détails, il apparaît naturel de considérer le réseau Transcet, dépendant directement de la Caisse des Dépôts et Consignations, comme à part; du fait tant du statut public que de la surface financière, ce groupe est vraisemblablement moins réticent que d'autres à encourir des risques. L'étude empirique reprendra ce point, mais il est utile ici de retenir que l'appartenance à un groupe peut se révéler un indicateur suffisamment précis de l'aversion pour le risque d'un exploitant.

Le deuxième ensemble de paramètres caractérisant les risques est constitué dans notre modèle par les variances des aléas qui affectent recettes et coûts. Plus la volatilité des recettes σ_ρ^2 est élevée, plus la convention devra assurer le risque commercial, et donc plus elle sera incompatible avec une convention aux risques et périls. De même, plus la volatilité des coûts σ_γ^2 est importante, plus la convention devra assurer l'exploitant contre les risques industriels, et donc plus la convention ressemblera à une convention de gérance.

En pratique, l'étude empirique montre qu'une mesure de la variance empirique des recettes et des coûts unitaires autour d'un trend d'évolution dans une période précédant celle de la convention étudiée, constitue un indicateur naturel et facilement calculable des variables de volatilité mentionnée.

Notons en dernier lieu une possibilité qui n'a pas été évoquée dans le modèle: celle que l'A.O. ne puisse pas être considérée comme neutre aux risques, en particulier aux risques relatifs aux variations imprévues des subventions qu'elle a à mettre en oeuvre dans le cadre de la convention. Cette possibilité compliquerait énormément la modélisation; mais son effet est prévisible, puisqu'il consiste essentiellement en un partage différent, même en situation d'information parfaite, des risques commerciaux et industriels. En effet, il n'est plus optimal, en l'absence de tout motif incitatif, que l'A.O. assure totalement l'exploitant. La conséquence est que l'aversion de la part de l'A.O. pour le risque affectant le montant des subventions implique une réduction des parties variables, donc pousse les coefficients d'intéressement à être plus proche de 0. Il y a alors un biais des coefficients A et B vers le haut, c'est à dire, dans le sens d'un rapprochement vers les conventions de type risques et périls et, à un moindre degré, à prix forfaitaire, et d'une raréfaction des conventions de gérance.

La mesure pratique d'une dimension d'aversion pour le risque de la part de l'A.O. est particulièrement difficile. On peut ainsi penser qu'une

dégradation des finances locales de la communauté urbaine conduit à une augmentation progressive des taux marginaux d'emprunts et donc à une plus grande aversion pour le risque. La dégradation du niveau de la dette locale peut mesurer un tel effet.

Les caractéristiques objectives de l'A.O.

La spécificité de l'A.O. que l'on étudie est bien sûr cruciale pour comprendre la forme de la convention optimale. Au premier chef, la fonction de demande de transports urbains dépend de manière complexe des caractéristiques de la ville, comme par exemple: la population, la superficie, la densité, la fluidité de la circulation, le revenu des habitants, leur mentalité, la structure centralisée ou décentralisée des lieux de travail et d'habitation, etc. Dans une proportion moindre, la fonction de coût peut elle aussi dépendre de variables objectives locales, comme la fluidité de la circulation, la multiplicité des feux, des pentes, qui affectent le degré d'usure du matériel et le coût de sa maintenance. Enfin, on peut penser que la personnalité du maire, la couleur politique et ses relations avec des directeurs de grands groupes de transport peuvent aussi jouer un rôle non négligeable, même si l'on peut penser que le maire lui-même est "une variable endogène", résultant du niveau du bien-être local et du programme qu'il a proposé, par exemple en ce qui concerne les transports urbains.

Il est bien sûr hors de question d'introduire toutes ces dimensions dans notre analyse d'un échantillon réduit de conventions. Toutefois, la modélisation théorique nous a montré que certains effets de statique comparative rendait utile l'introduction de certaines des variables explicatives citées plus haut. Ces effets sont résumés dans le rôle du paramètre de demande D , dont on a vu qu'il tend à augmenter la désirabilité des incitations, et donc qu'il tend à rapprocher la convention d'une convention à prix forfaitaire ou aux risques et périls.

Il existe une autre caractéristique de la ville qui joue un rôle fondamental dans notre modèle théorique: c'est le paramètre du coût des fonds publics k . On a vu que le coût des fonds publics, qui reflète les distorsions induites par la fiscalité locale, tend à minimiser le rôle des incitations et donc rapproche les conventions d'une simple politique d'assurance, c'est à dire d'une convention de type gérance.

En pratique, il est impossible de mesurer ou même d'estimer ce paramètre, sans sortir de manière importante du cadre de notre étude. A défaut, on s'est donc attaché à introduire un certain nombre de variables

relatives à l'activité fiscale de l'A.O. et à ses problèmes budgétaires. On a de plus retenu sérieusement la possibilité de l'impact d'un trend libéral sur la gestion des communes par les différents maires, en introduisant une variable qui rende compte de la période à laquelle une convention a été signée.

La présence d'une logique de sélection

Concluons par une possibilité théorique sur laquelle nous avons développé abondamment notre modélisation, mais dont la vérification empirique se trouve très délicate: celle de problèmes de sélection. Rappelons que ce type de problème se pose lorsque l'A.O. est moins bien informée ~~que l'exploitant avec lequel elle contracte~~, sur les conditions d'exploitation du réseau. L'impact de ce déficit informationnel est, d'une part de gonfler les rentes extraites par l'exploitant dans le cadre de la convention, et d'autre part de réduire les incitations à l'effort que véhicule la convention. En termes de coefficients d'intéressement, la présence de problèmes de sélection biaise les coefficients à la baisse, et donc la convention vers une gérance simple. Mais cet effet doit être contrasté: ce biais est nul lorsque les conditions d'exploitation sont en fait favorables, et il est très important lorsque ces conditions sont particulièrement difficiles.

Il est possible, en pratique, d'identifier la présence d'une problématique de type sélection lorsque l'historique du réseau et des relations entre l'A.O. et l'exploitant est connu. Ainsi, lorsque la convention consiste en un renouvellement du même exploitant, pour une nouvelle période de quelques années, il est possible que l'A.O. ait une bonne connaissance des caractéristiques de cet exploitant, et des conditions d'exploitation attachées à l'adéquation entre cet exploitant et le réseau proprement dit (ainsi que le matériel): il semble alors que, principalement sur les paramètres relatifs aux coûts et au matériel, l'A.O. ne soit pas en déficit informationnel important. Sur les paramètres relatifs à la demande, la même hypothèse est plus fragile dans la mesure où, du fait de son exploitation passée, l'exploitant a grandement amélioré sa connaissance des caractéristiques du réseau. Inversement, lorsque la convention s'adresse à un exploitant nouveau, il est naturel de penser que l'A.O. est en déficit informationnel quant à la structure des coûts qui va résulter, ainsi qu'à la perception par les usagers et à la qualité du service à venir.

L'appréhension d'une variable caractérisant les conditions d'exploitation, qui, de plus, puisse être l'objet du déficit informationnel

de l'A.O. est encore plus délicate. D'une certaine manière, toutes les variables spécifiques à la communauté urbaine et au réseau sont pertinentes, mais on ne peut prétendre qu'elles sont ignorées de l'A.O. lorsque la source est, par exemple, l'annuaire statistique du CETUR. On peut toutefois penser que les variables relatives à une certaine année ne sont connues de l'A.O. qu'avec un retard, pouvant refléter une problématique de sélection. Ainsi, le niveau relatif des recettes et des coûts unitaires, comparé aux niveaux d'autres villes, peut agréger une information pertinente sur les conditions d'exploitation à la date de signature de la convention, et pouvant refléter des problèmes de sélection.

Les prédictions sur les tarifs et les subventions fixes

Tout au long de notre étude théorique, nous avons considéré un modèle bouclé, où l'A.O. avait la parfaite maîtrise des tarifs, et un modèle à tarif fixé. On a vu que les deux modèles n'étaient pas contradictoires, et que, dans une certaine mesure, les prédictions sur les tarifs se bornaient à refléter la règle de tarification classique, à la Ramsey-Boiteux (au sens généralisé). Une explication empirique jointe des coefficients d'intéressement et des tarifs exploiterait donc au maximum l'information de notre échantillon et les prédictions du modèle théorique, mais elle donnerait vraisemblablement des résultats très peu différents de ceux obtenus en considérant les tarifs comme exogènes. Ainsi, dans notre estimation empirique, nous adopterons l'hypothèse que les tarifs sont donnés, d'une part parce que la perte de puissance de l'estimation est théoriquement faible, et d'autre part, parce qu'il est difficile d'agréger tous les différents tarifs ainsi que les versements à titre de tarifs gratuits en un seul prix, assimilable à un prix de Ramsey-Boiteux.

Nous avons enfin laissé dans l'ombre les prédictions de notre modèle relatives à la partie des fixes des subventions. En fait, les résultats sont très peu clairs, sur ce plan, comme en témoignent les expressions souvent complexes qui définissent les termes $\bar{t}$ ou t^* , dans les différentes sections du modèle. La quantification de ces parties fixes est très difficile, car elle demanderait une lecture encore plus détaillée des conventions d'exploitation, et une analyse précise des comptes de transport de l'A.O. et des versements pour transports gratuits et autres services spéciaux. L'étude empirique néglige donc l'explication de ce terme.

Tableau récapitulatif

Nous concluons cette section par le tableau 1 suivant.

TABLEAU 1 RECAPITULATIF

VARIABLE EXPLICATIVE	GERANCE	PRIX FORFAITAIRE	RISQUES & PERILS
aversion pour le risque Δ	<i>forte</i>	<i>modérée</i>	<i>faible</i>
volatilité σ^2 des recettes ^{ρ}	<i>forte</i>	<i>forte</i>	<i>faible</i>
volatilité σ^2 des coûts ^{γ}	<i>forte</i>	<i>faible</i>	<i>faible</i>
coûts des fonds publics k	<i>fort</i>	<i>modéré à faible</i>	<i>faible</i>
paramètre de demande D	<i>faible</i>	<i>modéré à fort</i>	<i>fort</i>
eff ^{te} relative commercial ^{ion} g	<i>faible</i>	<i>faible</i>	<i>forte</i>
eff ^{te} relative product ^{te} c, F	<i>faible</i>	<i>forte</i>	<i>forte</i>
θ conditions d'exploitation	<i>mauvaises</i>	<i>bonnes</i>	<i>bonnes</i>
problèmes de sélection $\xi(\theta)$	<i>forts</i>	<i>modérés à faibles</i>	<i>faibles</i>
aversion au risque de l'AO	<i>faible</i>	<i>modérée à forte</i>	<i>forte</i>

Ce tableau prédit la forme prévisible de la convention optimale en fonction de l'importance de chaque variable explicative, toutes choses égales par ailleurs.

5.2 Traduction des variables explicatives en statistiques disponibles

Les variables explicatives que l'analyse théorique a retenues ne sont pas immédiatement appréhendables. Il s'agit donc de traduire ces variables de manière concrète, en utilisant les premières pistes suggérées dans la section précédente, de manière à trouver des approximations des paramètres

du modèle par des séries statistiques existantes.

Les statistiques disponibles sont essentiellement constituées par le recueil d'informations concernant les "101 réseaux", qui fournissent pour chaque agglomération des informations sur l'agglomération elle-même (population, superficie, ...), sur l'offre en transport urbain (longueur des lignes, PKO, nombres de véhicules, ...), sur la fréquentation du réseau (nombre de voyageurs, de voyageurs x kilomètres, ...), sur les aspects financiers (tarifs, montant du déficit et financement). Ces informations ont été complétées par des données sur l'endettement des différentes agglomérations, données fournies par le Ministère de l'Intérieur.

Ces informations nous permettent de calculer un certain nombre d'indicateurs représentatifs de variables explicatives du modèle théorique. Nous ne définissons ici que les indicateurs qui jouent un rôle dans les ajustements économétriques présentés par la suite. Une première série d'indicateurs était directement accessible, soit dans l'annuaire statistique du CETUR, soit comme résultant de la simple lecture détaillée des conventions de notre échantillon.

AN est tout d'abord l'indicateur de l'année à laquelle la convention étudiée a été signée. Cette variable est introduite pour rendre compte de l'existence d'un trend libéral; A et B devraient donc croître avec AN.

POP est défini comme la population à l'intérieur de l'agglomération concernée. Cet indicateur a été utilisé comme reflétant l'intensité de la demande, soit donc le paramètre D. Les coefficients d'intéressement devraient donc croître avec POP.

GTI, CDC, CGE sont des variables indicatrices exclusives, qui valent 1 si l'exploitant considéré appartient au groupe référencé, 0 sinon. Suivant l'idée que Δ , l'aversion pour le risque de l'exploitant, est directement lié à la taille du groupe d'appartenance ou au caractère indépendant de l'exploitant, A et B devraient être positivement reliés à ces indicateurs, avec toutefois des intensités diverses; l'effet avec CDC pourrait être le plus fort, comme suggéré précédemment.

NEW est égal à 1 si la convention est passée avec un nouvel exploitant, à 0 autrement. Cette variable indicatrice est introduite pour déceler les effets liés au renouvellement de conventions, sans pourtant que le modèle soit explicitement dynamique. On devrait s'attendre à une influence négative de NEW sur A et B, suivant l'idée du biais exercé par la présence des problèmes de sélection dans la rédaction des contrats. Mais on peut aussi penser qu'un renouvellement puisse marquer une variation de structure

importante et très peu maîtrisée au début, par exemple pour les coûts, semblable donc à une augmentation du risque. Cette interprétation va dans le même sens que la précédente.

DET et DETPH sont des variables provenant directement des statistiques d'endettement des agglomérations étudiées. DET mesure la dette globale de la commune, DETPH mesure la dette par habitant. Ces indicateurs sont introduits pour modéliser le coefficient de rareté des fonds de l'A.O., k , l'idée étant que plus l'endettement est élevé, plus le coût marginal d'emprunts supplémentaires est important et donc plus k est grand. L'effet de DET ou DETPH sur A et B devrait donc être négatif.

~~Citons cependant une interprétation alternative~~ qui a son importance. Si le taux marginal de l'emprunt croît avec l'endettement, il est aussi logique de penser que l'agglomération va vouloir minimiser les risques de fluctuations, de variations de son compte transport, et donc va se comporter comme si elle manifestait une aversion pour le risque. Si tel est le cas, l'A.O. préfère voir l'exploitant supporter une grosse part des risques, ce qui biaise les coefficients A et B vers le haut. L'effet de coût des fonds publics s'en trouve donc amoindri, voire inversé.

TVT est une autre variable financière introduite pour rendre compte de la rareté du coût des fonds publics k . TVT est le taux du versement transport dans l'agglomération concernée. Lorsque TVT est important, cela suggère que le coût des fonds publics est élevé, et donc que l'effet sur A et B devrait être négatif. Mais il existe un effet taille important sur cet indicateur, qui rend son interprétation très délicate.

RAV et CAV sont définis respectivement comme les niveaux des recettes et des coûts par kilomètres tous services, déflatés par l'indice INSEE des prix des transports. Les valeurs de ces variables, immédiatement avant la signature et l'entrée en vigueur des conventions étudiées, ont été retenues comme reflétant l'état de la demande et des coûts à la date de la décision de l'A.O.. Dans une optique de sélection, une recette antérieure élevée peut indiquer des conditions d'exploitation intrinsèquement avantageuses du point de vue de la demande, un coût unitaire faible peut refléter des conditions d'exploitation avantageuses du point de vue de la technologie: les deux cas se traduisent en termes de θ relativement faibles. Ainsi, RAV devrait influencer positivement A, et CAV devrait influencer négativement B.

Dans un optique reposant sur l'aspect incitatif, l'interprétation peut par contre être radicalement différente. Un taux de recettes antérieures élevé peut suggérer que les incitations à la commercialisation données dans

le passé se sont révélées être très importantes, voire trop, auquel cas l'on peut s'attendre à une réduction de ces incitations. En termes du modèle théorique, RAV s'apparente alors à un indicateur inversement relié à g/ϕ ; de même, CAV apparaît alors comme un indicateur inversement relié à c/ψ ou F/ψ . En termes plus courants, on peut dire qu'un bon niveau de recettes n'induit pas l'A.O. à se soucier énormément des incitations à la commercialisation, et un faible niveau des coûts unitaires d'exploitation ne pousse pas l'A.O. à demander de gros effort de productivité. Dans cette interprétation, RAV devrait avoir une influence négative sur A, CAV une influence positive sur B.

On voit donc que RAV et CAV ont des interprétations multiples et ambiguës. ON peut d'ailleurs citer une autre interprétation dans le cadre de la problématique de l'incitation. Si l'on considère que la convention est signée parce que la précédente convention ne donne plus satisfaction, et en particulier ne donne plus les bonnes incitations, RAV et CAV peuvent refléter non pas des modifications de conditions exogènes, mais plutôt le relâchement des efforts de l'exploitant précédent. Ainsi, RAV faible peut indiquer qu'un relâchement d'effort de commercialisation s'est soldé par une chute du taux de remplissage, parce que le paramètre g est élevé. De même, une explosion des coûts peut indiquer qu'un relâchement des efforts de productivité a beaucoup d'effet et donc que c et F sont importants. Ces interprétations impliquent les mêmes variations de A et B que l'interprétation en termes du modèle de sélection. Elles reposent cependant sur l'hypothèse que l'exploitant a modifié son comportement lors de la convention passée de manière endogène, sans que les conditions d'exploitation n'aient varié, ce qui peut être suspect du point de vue de la logique interne du modèle. Il est clair que ces questions ne peuvent être tranchées de manière satisfaisante qu'en utilisant une généralisation dynamique de notre modèle.

Nous allons retrouver les problèmes soulevés par l'interprétation des RAV et CAV, dans l'élaboration d'un second groupe d'indicateurs. Ceux-ci ont été construits de la manière suivante. Pour chaque agglomération concernée, les valeurs déflatées de RAV et CAV pour la durée précédant la date de signature de la convention, ont été régressées linéairement sur une constante et une variable de trend temporel. De ces regressions, on a isolé le coefficient de trend et la variance des deux séries autour de leur trend temporel. La plupart de ces ajustements n'ont pu être effectués que sur une période de 5 ou 6 ans, du fait des limites des données dont on disposait.

Les valeurs des indicateurs obtenus sont donc particulièrement peu fiables. TRAV et TCAV sont donc les valeurs des trends des variables RAV et CAV. Leurs interprétations sont semblables à celle suggérées lors de la définition des variables RAV et CAV, dans l'optique incitative. Elles comportent donc de nombreuses hypothèses implicites. Ainsi, lorsque TRAV est grand, on peut penser que c'est le signe de ce que les incitations données lors de la convention précédentes sont maintenant très / trop fortes en regard de l'évolution des conditions objectives d'exploitation: celles-ci ont changées dans le sens d'un accroissement de g . De même, un fort trend d'explosion des coûts suggère que les incitations précédentes sont devenues ~~insuffisantes, du fait d'une diminution de c ou F .~~

Alternativement, une forte valeur des trends par rapport à la moyenne des évolutions pourrait suggérer que les recettes ou les coûts sont beaucoup plus variables et sensibles aux efforts dans l'agglomération considérée. Ceci laisserait supposer que de fortes valeurs absolues de TRAV et TCAV sont en relation avec de fortes valeurs de g et c ou F . Cet effet reposant sur les valeurs absolues n'a pas été testé tel quel, mais il est bon de le retenir pour moduler l'interprétation finale des résultats.

SDP et SDC sont enfin les valeurs des variances estimées des séries RAV et CAV déflatées autour de leur trend. Quelles que soient les interprétations retenues pour les séries sous-jacentes, ces deux indicateurs sont beaucoup plus faciles à interpréter. Ils reflètent les paramètres σ_ρ et σ_γ de volatilité intrinsèque de la demande et des coûts. Leurs effets devraient donc être négatifs, tant sur A que sur B.

Le tableau 2 ci-dessous résume les variables explicatives introduites, et définit le sens attendu de leurs effets sur les coefficients d'intéressement A et B, ainsi que le motif ou le raisonnement menant à cette prédiction. Ce tableau 2 est donc la traduction en termes du modèles empirique, du tableau 1 présenté lors de la section précédente.

TABLEAU 2

Nom de variable	Signification de la variable Raison de l effet.	Effet sur A	Effet sur B
AN	année de signature; trend libéral	+	+
NEW	nouvel exploitant; sélection	-	-
GTI	aversion	+	+
CDC	indicateurs de groupe; pour le	++	++
CGE	risque	+	+
POP	population; effet demande	+	+
RAV	recettes/km avant signature sélection ou incitation	+ ou -	0
CAV	coûts/km avant signature sélection ou incitation	0	- ou +
TRAV	trend des recettes/km avant signat. relié à valeur de g	-	0
TCAV	trend des coûts/km avant signature relié à valeurs de c et F	0	+
SDP	volatilité des recettes/km	--	-
SDC	volatilité des coûts/km	-	--
DET	dette de l'agglomération; relié à k	- (ou +)	- (ou +)
DETPH	(ou aversion pour le risque de AO)	- (ou +)	- (ou +)
TVT	Taux du versement ^t transport; cf DET	- (ou +)	- (ou +)

5.3 Méthode d'ajustement statistique et examen des données

Il s'agit d'expliquer les coefficients A et B tirés des conventions par les variables explicatives précédemment présentées. On peut songer pour cela à utiliser une méthode de régression linéaire. Mais l'examen des valeurs de A et B montre clairement que ces coefficients prennent des valeurs qui se regroupent toutes (sauf une observation) à l'intérieur de l'intervalle $[-1,0]$, et dont la répartition statistique présente des accumulations en 0 d'une part et en $[-1;-0,90]$ d'autre part. Nous avons déjà eu l'occasion de noter ce fait lors du chapitre II. Il est tout à fait

significatif du poids exercé encore aujourd'hui par les contraintes sur les conventions-type incluses dans la loi au début des années 80. Du point de vue de l'estimation empirique du modèle, cette observation indique clairement que les coefficients d'intéressement devraient plutôt être considérés comme des variables discrètes, prenant valeur dans $\{-1,0\}$. De toutes manières, les régressions linéaires effectuées semblent devoir être très peu concluantes.

Nous avons donc adopté une méthode statistique utilisée dans les modèles de choix discrets. En l'occurrence le choix s'est porté sur le modèle PROBIT. La méthode mise en oeuvre, au travers du programme qui fournit les coefficients estimés, est une méthode de maximum de vraisemblance. Les variables dites sous-jacentes, c'est à dire les variables continues qui déterminent la valeur binaire finale de A et B, sont expliquées linéairement par les indicateurs exogènes.

Il faut noter que dans le cas des hypothèses standard du modèle PROBIT, la fonction de Log-vraisemblance permet de tester la significativité, séparée ou jointe, des coefficients que le programme calcule. En effet, la différence des valeurs des Log-vraisemblance dans l'hypothèse nulle et l'hypothèse alternative, c'est à dire sans ou avec la variable dont on teste la significativité, suit, à un facteur 2 près, une loi du χ^2 avec comme nombre de degrés de liberté, le nombre de coefficients testés.

D'autre part, nous avons fait l'hypothèse que les deux aspects de chaque convention, l'intéressement aux recettes et l'intéressement aux coûts, étaient déconnectés l'un de l'autre. Plus précisément, cette hypothèse est composée de deux parties. Tout d'abord, nous supposons qu'il n'existe pas de corrélation entre les aléas affectant les variables sous-jacentes expliquées correspondant à A et B. Cette hypothèse est contestable dans la mesure où l'intensité de la demande affecte les coûts et où donc, toutes les composantes explicatives de la demande, non prises en compte dans les indicateurs retenus, devraient se retrouver dans l'équation de détermination de B. De plus, nous supposons qu'il n'existe aucune restriction entre les coefficients explicatifs des variables sous-jacentes à A et B. Cette hypothèse est aussi restrictive dans la mesure où la Loi d'Orientation des Transports Intérieurs a longtemps imposé une restriction implicite $A \leq B$; en effet des conventions qui auraient assuré totalement l'exploitant contre le risque industriel ($B=-1$) et lui auraient laissé supporter le risque commercial ($A=0$) n'étaient pas autorisés. Nous adhérons cependant à ces hypothèses essentiellement dans un but de simplification.

On peut enfin donner quelques commentaires sur les données elles-mêmes, sur lesquelles le modèle PROBIT va être appliqué. Notons tout d'abord que notre échantillon comportait 54 agglomérations pour 58 conventions d'exploitation, puisque l'on disposait de deux conventions à des dates différentes pour Bayonne, Brest, Lorient et Creusot-Monceau. Sur cet échantillon, nous avons oté 3 conventions (Lorient 78, Bruay 82 et Thonon 83) pour données insuffisantes ou de qualité suspecte.

Le premier travail a été de transformer les coefficients d'intéressement calculés dans les conventions, et reportés dans l'annexe, de manière à ce qu'ils ne prennent que des valeurs discrètes, -1 et 0. Nous avons éliminé à ce stade 3 autres conventions dont les deux coefficients d'intéressement étaient situés aux alentours de -0,5 et qui pouvaient donc ne pas correspondre à l'approximation du modèle discret (Laval 87, Reims 86 et Saint-Etienne 88). Pour le coefficient d'intéressement aux coûts, B, toutes les autres conventions ont été retenues, puisqu'elles faisaient apparaître un coefficient de 0 ou compris entre -0,96 et -1. Pour le coefficient d'intéressement aux recettes, les intéressements marginaux sont de fait beaucoup plus nombreux et la variabilité de A beaucoup plus grande. On a donc dû écarter, pour l'analyse de A, 10 conventions dont le coefficient était voisin de -0,5.

L'analyse des données restantes a de plus révéler deux caractéristiques intéressantes de ces séries de coefficients.

* En ce qui concerne le coefficient d'intéressement aux recettes, l'échantillon purgé fait apparaître une relation de corrélation complète qui est la suivante: conditionnellement à ce que $CGE=1$, $A=0$ si $NEW=1$ et $A=-1$ si $NEW=0$. Les exploitants affiliés au groupe CGE-CGFTA signent systématiquement, dans notre échantillon, une convention qui leur fait supporter tout le risque commercial dans le cas d'une agglomération juste conquise, et par contre une convention assurant parfaitement contre les risques commerciaux en cas de renouvellement. Que l'exploitant supporte le risque commercial seulement quand il est nouveau semble suggérer que le groupe fait preuve d'une certaine aversion pour le risque, qui prend un caractère dominant dans la renégociation d'une nouvelle convention, une fois que l'A.O. a appris à connaître l'exploitant. Ceci nous a conduit à filtrer l'échantillon pour les tests économétriques relatifs à A en enlevant toutes les conventions signées par des exploitants dépendant du groupe CGE-CGFTA, soit un total de 35 conventions restant dans l'échantillon final.

** En ce qui concerne le coefficient d'intéressement aux coûts, on a aussi

pu déceler une relation de dépendance parfaite: $B=0$ si $CDC=1$. Dans notre échantillon, toutes les conventions signées par des exploitants dépendant de la Caisse des Dépôts et Consignation par l'intermédiaire du réseau TRANSCET assurent totalement l'A.O. par rapport aux variations de coûts et font supporter le risque industriel marginal par l'exploitant. Cet aspect est tout à fait en concordance avec notre présomption que les exploitants dépendant de la Caisse des Dépôts bénéficient de la surface financière énorme de cet organisme, et sont donc à même de s'assurer; en conséquence, le comportement reflète une relative neutralité au risque. Pour l'étude des autres coefficients B, nous avons donc été obligés de filtrer l'échantillon en enlevant les conventions telles que $GDC=1$. Il reste alors un échantillon final pour les tests sur B de 39 conventions.

C'est donc finalement sur des échantillons sélectionnés de respectivement 35 et 39 conventions que nous avons ajusté un modèle PROBIT pour expliquer les coefficients normalisés $DA = 1 + A^{\text{arrondi}}$ et $DB = 1 + B^{\text{arrondi}}$ en fonction des variables exogènes mentionnées à la section précédente.

5.4 Résultats des ajustements.

Nous présentons dans cette dernière section les résultats de notre étude économétrique, de manière synthétique. Le détail des ajustements est joint, mais les valeurs des coefficients explicatifs ne présentent pas de signification bien précise. Aussi le lecteur pourra-t-il se contenter des tableaux récapitulatifs, rendant compte des signes des corrélations estimées.

Nous distinguerons les deux séries d'ajustements relatifs au coefficient d'intéressement aux recettes et au coefficient d'intéressement aux coûts.

a) Coefficient d'intéressement aux recettes

Les meilleurs résultats du modèle PROBIT appliqué aux 35 conventions dont les coefficients étaient proches de 0 ou -1 et qui ne relevaient pas d'un exploitant affilié au groupe CGE-CGFTA sont regroupés en Annexe III. On distingue essentiellement 3 ajustements représentatifs des essais entrepris. On peut en synthétiser les conclusions en se limitant à la significativité et au signe des coefficients, comme présenté dans le Tableau 3 ci-dessous.

TABLEAU 3

Explication économétrique de l'intéressement aux recettes

Le niveau du test de significativité est de 5%

Variable exogène	Signe attendu	Ajustement n°1	Ajustement n°2	Ajustement n°3
C		-	-	-
AN	+	+	+	+
NEW	-	-	-	-
GTI	+			
CDC	++			
CGE	+	corrélation	parfaite	mentionnée
POP	+			
RAV	+ ou -		ns	+
CAV	0	+	+	
TRAV	-		ns	-
TCAV	0			+
SDP	--		ns	
SDC	-	-	-	
DET	- (ou +)	-	-	-
DETPH	- (ou +)			
TVT	- (ou +)			

Le premier et le second ajustement permettent de vérifier la non-significativité d'un certain nombre de variables explicatives candidates. Le meilleur ajustement est le troisième. Tous ne font intervenir qu'une partie des variables préconisées par la théorie. Il y a deux raisons essentielles à ce fait; soit la variable n'est jamais sortie significative dans les ajustements effectués, soit les ajustements effectués avec un certain groupe de variables ont conduit à des non-convergences du programme de maximum de vraisemblance.

Les variables les plus significatives sont: AN, NEW, RAV, TRAV et DET. Elles ont toutes le signe attendu, celui de la variable RAV indiquant que

l'interprétation en termes de problèmes de sélection semble la plus pertinente. L'effet purement incitatif est pris en charge par la variable TRAV qui fournit une approximation de la désirabilité des efforts de commercialisation g/ϕ . Il semble donc que la problématique guidant le choix du coefficient d'intéressement aux recettes, vue à travers l'ajustement n°3 mêle des problèmes d'incitation et de sélection. La significativité de la variable NEW renforce d'ailleurs l'importance des problèmes de sélection comme part de l'explication, et indique clairement qu'une étude plus fine, estimant un modèle de sélection avec la distribution de l'information privée, serait utile.

~~Notons que les ajustements font tous apparaître un trend~~ libéral fortement significatif. Plus tard dans les années 80 a été signée une convention, plus il y a de chances qu'elle impose une grande partie du risque commercial à l'exploitant.

Les variables SDP et SDC ne jouent pas ou peu. Celle qui joue un rôle dans l'ajustement 1-2 n'est pas celle que la théorie laisserait prévoir. Ceci suggère, conjointement avec la non significativité d'un effet de groupe résiduel sur GTI et CDC, que les problèmes d'assurance et d'aversion pour le risque de la part des exploitants sont assez réduits. Cette aspect renforce une fois encore la présomption que A est plus choisi pour des motifs de sélection que pour des motifs d'arbitrage entre incitations et assurance de l'exploitant.

Notons enfin que l'endettement de l'agglomération joue systématiquement un rôle important dans tous les ajustements effectués. Le signe négatif suggère que l'interprétation en termes de rareté des fonds publics et donc en termes de biais vers des conventions assurant le risque commercial, est une explication plausible. Par contre, les effets de demande semblent absents.

On peut donc retenir de ces résultats les conclusions suivantes.

- Le modèle ne fournit qu'une explication très partielle du coefficient d'intéressement aux recettes A. Ceci se comprend car il laisse de côté un paramètre important pour la recette commerciale totale, le tarif, supposé fixé de manière exogène ici, alors que sa détermination est complexes et interagît sans doute avec les incitations commerciales imposées à l'exploitant.
- Sous cette réserve, il semble que l'intéressement aux recettes soit dicté par des considérations de sélection. L'autorité organisatrice est en déficit informationnel important quant aux paramètres caractéristiques de la

demande, et se voit donc contrainte d'assurer l'exploitant de manière plus importante vis à vis du risque commercial pour éviter d'avoir à lui laisser une rente informationnelle trop importante par l'intermédiaire des subventions fixes. La composante d'incitation à l'effort de commercialisation semble beaucoup plus réduite, quoique non complètement absente.

b) Coefficient d'intéressement aux coûts

Les meilleurs résultats du modèle PROBIT appliqué aux 39 conventions dont les coefficients étaient proches de 0 ou -1 et qui ne relevaient pas d'un exploitant affilié au réseau TRANSCET, dépendant de la Caisse des Dépôts et Consignations, sont regroupés en Annexe III. On distingue essentiellement 5 ajustements représentatifs des essais entrepris. On peut en synthétiser les conclusions en se limitant à la significativité et au signe des coefficients, comme présenté dans le Tableau 4 ci-dessous.

TABLEAU 4

Explication économétrique de l'intéressement aux coûts

Le niveau du test de significativité est de 5%

Variable exogène	Signe attendu	Ajustmt n°1	Ajustmt n°2	Ajustmt n°3	Ajustmt n°4	Ajustmt n°5
C		-	-	-	-	-
AN	+	+	+	+	+	+
NEW/NEWc	-	+	+	+/+	+	+
GTI	+	+	+	+	+	+
CDC	++	corrélé	parfaite ^t	comme	déjà	mentionné
CGE	(+)	ns			+	+
POP	+	+	+	+	+	+
RAV	0	ns			+	+
CAV	+ ou -	ns				
TRAV	0	ns			-	
TCAV	+	+	+	+	+	+
SDP	-	+	+	+		
SDC	--	ns				
DET	- (ou +)	-	-	-		
DETPH	- (ou +)	+	+	+		
TVT	- (ou +)				-	-

où NEWc = NEW x TCAV.

Dans ces 5 ajustements représentatifs et de relativement bonne qualité, on considère que les plus importants sont les ajustements n°2, 3 et 4. L'ajustement n°1 sert à mettre en évidence la non-significativité d'un certain nombre de variables candidates, l'ajustement 5 est une variante moins bonne que l'ajustement 4, qui met cependant en évidence d'autres non-significativités. On voit sur le tableau 4 que l'échantillon est de meilleure qualité quant à la détermination du coefficient B et qu'il a permis une étude plus fine des pouvoirs explicatifs des indicateurs retenus.

La variable AN marque de manière très significative, comme pour les ajustements portant sur A, la présence d'un trend libéral.

La variable NEW est significative mais de signe opposé à celui suggéré par l'interprétation en termes de problèmes d'information incomplète et de sélection. (On a de plus introduit la variable NEWc qui laisse entrevoir que l'effet de nouveauté de l'exploitant se conjugue avec celui de TCAV.) L'interprétation de ce résultat est assez délicate. On peut songer à ce que, par opposition à une situation de renouvellement, un nouvel exploitant doit concurrencer les autres candidats possibles pour gagner les faveurs de l'agglomération, ce bien qu'il n'y ait pas d'appel d'offre stricto sensu. Cette concurrence sous-jacente peut pousser un nouvel exploitant, vraisemblablement par l'intermédiaire de son groupe, à renforcer le trend libéral et à sacrifier le court terme au profit d'une stratégie de pénétration et de gain de parts de marché. Dans ce cas, c'est plus une problématique de signalisation de la part de l'exploitant, qui, par son choix de supporter le risque industriel suggère qu'il est/sera performant au niveau des coûts et qu'il insiste donc sur le pouvoir incitatif de la convention quant aux gains de productivité réalisables. Cette vue semble confirmée par le fait que la variable NEWc est significative et positive: l'explosion passée des coûts rend des efforts de productivité particulièrement importants et en font un critère prioritaire dans la nouvelle convention. Tout ceci semble suggérer que l'évolution défavorable des coûts passés crée un choc conduisant l'A.O. à changer d'exploitant et à peser plus drastiquement sur les efforts de productivité.

Dans la ligne d'interprétation précédente, TCAV sort systématiquement avec le bon signe et indique clairement que la nécessité d'induire des efforts de productivité est une variable fondamentale de la détermination de B, ceci même pour des renouvellement d'exploitant. Le fait que RAV puisse, dans les ajustements 4 et 5, jouer un rôle dans la détermination de B est un effet du second ordre dans la théorie. L'interprétation la plus évidente correspond au fait que RAV indique une fréquentation, un taux de remplissage élevés, qui rendent d'autant plus important le montage d'incitations strictes aux gains dans la maintenance et la productivité.

Prolongeant encore l'interprétation en termes de problématique d'efforts de productivité, citons l'effet de demande particulièrement important, significatif et du signe attendu.

Toutefois, les variables POP, DET et DETPH doivent être reliées dans une analyse marginale susceptible d'éclairer les signes contraires, un fait

étonnant, de DET et DETPH. L'explication qui suit est présentée de manière très simplifiée. Entre les trois variables DET, DETPH et POP, il existe une relation comptable:

$$DETPH = DET / POP.$$

et une relation statistique (approchée) lie DETPH à POP:

$$DETPH = 5 - \frac{5}{1000} POP$$

D'où l'on tire:

$$DET = 5 POP - \frac{5}{1000} POP^2$$

Le groupe de variables explicatives en cause s'écrit donc (voir les résultats précis des ajustements):

$$1,29 \text{ DETPH} = -0,0125 \text{ DET} + 0,011 \text{ POP}$$

soit:

$$6,5 - 0,045 \text{ POP} + \frac{0,06}{1000} \text{ POP}^2$$

En gros, ce facteur est faible tant que POP est inférieur environ à 100000 personnes, et il croît ensuite. Ceci conduit à penser que les effets de volume de la demande et les effets de contrainte budgétaire et de rareté des fonds publics, mis ensemble, ont tendance à induire une prise de risques de l'exploitant pour des agglomérations importantes, alors que des critères d'assurance de l'exploitant dominant pour des agglomérations moins peuplées. Il y a donc un effet de seuil pour la prédiction correcte des effets de demande. Quant à l'effet de coût des fonds publics, il est difficile à analyser séparément, du fait que la dette totale d'une agglomération augmente avec sa population, alors que la dette par habitant diminue.

Enfin, les variables SDP et SDC sont peu significatives, ou, lorsqu'elles le sont, en fait SDP, c'est avec un signe opposé aux prédictions. Ce résultat est assez décevant, d'autant que les motifs d'incitation semblent bien être dominants dans la détermination de B. L'explication de cet écart peut s'expliquer par la très mauvaise qualité de ces données. En outre, les variations de SDP peuvent s'effectuer en grande partie par seuils, du fait de changements de tarifs au cours de la période historique servant à construire ces données. Or ces changements de tarifs ne sont pas reliés à la volatilité des recettes, comme devrait rendre compte la variable SDP. On conçoit donc que la variable SDP puisse en réalité traduire des changements de tarifs. De même, des modifications exogènes de la nature du réseau, de la définition des dessertes, peut induire artificiellement de grandes valeurs de SDP. L'absence de rôle pour SDC n'en reste pas moins décevante.

On peut donc résumer les conclusions de cette analyse par deux

remarques:

- L'étude du coefficient d'intéressement aux coûts est beaucoup plus riche que celle de A, et les données semblent plus à même d'expliquer la variabilité des conventions selon ce critère.
- La détermination du coefficient d'intéressement aux coûts semble tenir en grande partie à un effet de trend, un effet de groupe, et une problématique de type incitation à la productivité. Les problèmes de sélection ne semblent par contre pas jouer de rôle fondamental.

5.5 Conclusions

~~Au total, pour conclure succinctement, on peut dire que,~~ compte tenu des difficultés économétriques propres à ce genre d'exercice, et compte tenu de la sophistication du modèle théorique avancé, l'adéquation entre la théorie des contrats et la pratique des conventions de transport urbain est relativement bonne. Les clauses concernant l'intéressement aux dépassements de coûts sont les mieux expliquées, et semblent davantage animées par la recherche de la productivité. Les clauses relatives au coefficient d'intéressement aux recettes exceptionnelles résultent davantage de l'idée d'une méconnaissance des conditions de la demande par l'A.O., qui l'induit à minimiser les subventions fixes versées à l'exploitant en l'assurant plus parfaitement par rapport aux risques commerciaux. Dans une certaine mesure, ce résultat n'est pas contraire à l'intuition. Il y a vraisemblablement peu de différences dans les coûts de maintenance, entretien, ou dans les coûts salariaux (souvent réglementés) et donc peu de problèmes de sélection en regard de cet aspect, alors qu'il existe sûrement plus d'incertitude quant à l'élasticité de la demande de transport d'une agglomération particulière, les variations entre agglomérations étant assez importantes. Corrélativement, les conventions font souvent mention de gains de productivité à dégager, suivant une chronique dynamique précise (par exemple 2% par an), alors que la politique de marketing, commercialisation et sensibilisation de la demande semble plus résulter de décisions jointes entre l'A.O. et l'exploitant quant aux critères de confort, fréquence et campagne de sensibilisation communales, sur lesquels l'exploitant a vraisemblablement un poids et une responsabilité propres plus restreints.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abeille, M., Duchêne, C. et A. Le Ruyet [1990]: "Les relations Autorité Organisatrice - Exploitant: Leur traduction par les conventions", Dossier du CETUR: Transports collectifs.

Bastard, P. [1985]: "Analyse des différentes philosophies économiques dans les contrats d'exploitation", Etudes du CRET.

Bureau, D. [1984]: "Contrats Etat - entreprises publiques: L'apport de la théorie économique en information incomplète", Note 48/C34 BETE, Direction de la Prévision.

Caillaud, B., Guesnerie, R., Rey, P. et J. Tirole [1988]: "Government intervention in Production and Incentives Theory: A Review of Recent Contributions", RAND Journal of Economics, Vol 19, N°1, pp 1-26.

C.E.T.E. Nantes - C.I.F.P. Nantes [1977]: "Problèmes juridiques institutionnels et financiers des transports collectifs urbains", Note interne.

C.E.T.U.R. - C.E.T.E. Lyon [1987]: "Transports urbains de voyageurs. Principales caractéristiques des conventions récentes", Note interne.

Domenach, O. [1986]: "La gestion des transports publics et les rapports contractuels", Etudes du CRET.

Hart, O. et B. Holmstrom [1987]: "The Theory of Contracts", in Advances in Economic Theory, Fifth World Congress, sous la direction de T. Bewley, Cambridge University Press.

Holmstrom, B. et P. Milgrom [1991]: "Multi-Task Principal-Agent Analyses", Journal of Law, Economics and Organization, Vol 7, p 24-52.

Laffont, J.J. [1985], Cours de Théorie Microéconomique, Vol II, Economica, Paris.

Ministère des transports - D.T.T. [1989a]: "Evolution des tarifs urbains de province", Note interne.

Ministère des transports - D.T.T. [1989b]: "La politique française des transports urbains", Note interne.

Ministère des transports - D.T.T. [1989c]: "Les transports urbains de province", Note interne.

ANNEXE I

ANALYSE DETAILLEE DES CONVENTIONS

Dans cette annexe nous étudions les conventions auxquelles nous avons eu directement accès, sous l'angle qui s'est révélé être pertinent dans notre étude. Nous renvoyons aux études "Transports urbains de voyageurs: Principales caractéristiques des conventions récentes (1981-1985)" de Novembre 1987 et "Les relations Autorité organisatrice - Exploitant; leur traduction par les conventions" d'Octobre 1990 du CETUR, menées ~~essentiellement par M. Abeille et C. Duchène~~, pour une description plus complète de la majeure partie de ces conventions.

Au cours de cette annexe, on utilise des hypothèses et des méthodes qu'il est utile de préciser en préliminaire.

Rappelons que notre but est de calculer les coefficients A et B d'intéressement marginal aux dépassements de recettes et de coûts par rapport à des objectifs, explicites ou implicites. Notre approche consiste donc à totaliser les rémunérations perçues par l'exploitant, noté désormais E, outre les produits directs $\tilde{r}$ et les charges directes $\tilde{c}$ de l'exploitation. Ces rémunérations seront réduites de manière à s'écrire sous une forme affine: $t^0 + A(\tilde{r}-r^0) - B(\tilde{c}-c^0)$ ou encore $T^0 + A\tilde{r} - B\tilde{c}$. Les termes t^0 , T^0 , r^0 , c^0 n'ont pas d'importance pour notre étude.

Si certaines conventions calculent explicitement les rémunérations de l'E sous la forme affine proposée plus haut, la plupart de celles qui impliquent des coefficients non triviaux (différents de 0 ou -1) ont recours à des formules qu'il est nécessaire de décrypter. Elles font référence aux variations relatives, d'une année sur l'autre, d'un certain nombre d'indicateurs. Implicitement, les niveaux d'objectifs retenus (l'équivalent des r^0 et c^0) correspondent donc aux niveaux de ces indicateurs aux années précédentes. Ces indicateurs sont le plus souvent pris dans l'ensemble suivant:

Δ voyageurs/voyageurs: Ce taux correspond à l'accroissement relatif du nombre de voyageurs transportés. Ce taux de variation est approximativement égal à l'accroissement relatif des recettes, donc, avec nos notations, à $(\tilde{r}-r^0)/r^0$. On voit donc que l'on aura besoin d'une évaluation de r^0 pour calculer A: on prendra la valeur des recettes l'année de signature du contrat.

Δ km/km: Ce taux peut exister sous des variantes, comme Δ PKO/PKO.

L'important est que cette variation est en grande partie décidée de manière contractuelle, ou à discrétion de l'AO. S'il est normal donc que ce taux influence les conditions de rémunérations, il n'entre pas dans une dimension incitative: il sert simplement à rendre compte que les coûts subiront une modification du fait de la modification des kilomètres parcourus. Pour simplifier, disons que cet indicateur reflète les variations de coûts des capacités, alors que nous considérons que la majeure partie des problèmes incitatifs relatifs aux charges se greffent sur les coûts unitaires. En résumé, cet indicateur ne sera pas considéré dans le calcul de A ou B.

$\Delta\text{Prod}/\text{Prod}$: Cet indicateur correspond à l'accroissement relatif de la productivité de l'E, mesurée par le ratio entre kilomètres parcourus et heures de travail payées. Etant donné ce qui est dit au paragraphe précédent, ce taux de variations sera considéré comme égal à la diminution relative des charges salariales. Comme les charges ne sont pas exclusivement salariales, nous avons besoin d'une hypothèse sur la part relative des efforts de l'E dans les coûts salariaux et autres. On fera l'hypothèse que si les charges salariales représentent $s\%$ des charges totales, les efforts se répartissent proportionnellement sur les différentes composantes des charges, et donc l'indicateur de productivité sera égal à $-s(\tilde{c}-c^0)/100c^0$. On voit donc que l'on a besoin d'une évaluation de c^0 et de s pour calculer B: on prendra les valeurs réelles de l'année de signature du contrat.

Il faut souligner que ces indicateurs sont conceptuellement différents des indicateurs qui servent à l'actualisation des formules. Ceux-ci font référence à des indicateurs macroéconomiques, sur lesquels l'E n'a aucune prise et qui ne participent donc pas à l'élaboration d'un cadre incitatif.

Il est important de rappeler que la plupart des conventions qui proposent un intéressement non trivial, spécifient aussi des limites d'applicabilité. Ces limites sont exprimées sous des formes diverses: nous les avons normalisées pour qu'elles se ramènent toutes à des bornes de variations relatives des recettes ou des dépenses, ou des 2 comparées. Là encore, si besoin était, nous avons utilisé les données de l'année d'entrée en vigueur de la convention étudiée. Une fois cette plage d'applicabilité établie, nous en avons déduit les coefficients A et B qui nous semblaient pertinents pour guider les choix de l'E. Un exercice normal est supposé engendrer des variations de recettes et de coûts dans une fourchette de 5% en deçà et au delà des prévisions; nous n'avons retenu alors que les valeurs de A et B correspondant à la plage de variation qui s'applique avec grande

probabilité. Ainsi des coefficients du type:

$$A = a \text{ si } |(\tilde{r}-r^0)/r^0| < 0,05 \text{ et } A = a' \text{ sinon}$$

ont été simplifiés en: $A = a$. Lorsque la plage définie s'est révélée très étroite, par exemple $|(\tilde{r}-r^0)/r^0| < 0,01$, on a considéré plutôt que le coefficient d'intéressement devait être: $A = a'$. Dans certains cas, il a été difficile, et quelque peu arbitraire, de faire un choix. Heureusement, la plupart du temps, les différences sont marginales, dans la mesure où elles ne changent pas complètement la logique de la convention (c'est-à-dire, dans les cas difficiles, on a généralement a proche de a').

Enfin, nous nous sommes efforcé d'indiquer, par delà le type de conventions consigné dans le texte, la véritable nature de la convention. Ainsi, pour les conventions de *garantie de recette* à notre disposition et qui contenaient une annexe chiffrée, il nous est apparu que le montant de la recette garantie est toujours bien supérieur à tout montant de recette réelle susceptible d'émerger avec une probabilité raisonnable. Dans de tels cas, nous avons stipulé que la convention était en fait une convention de logique *prix forfaitaire*. Il est aussi facile de comprendre que l'introduction généralisée de clauses d'intéressement peut amplement dénaturer une logique de type *gérance*, vers une situation proche du *risques et périls*, où l'E assume tous les risques, marginalement du moins.

Les pages qui suivent résument notre travail et en indiquent les étapes essentielles. Les conventions dont l'analyse est immédiate, n'ont pas été détaillées.

AJACCIO

GR en fait PF intéressé

Sept 84

La recette garantie g^0 est un prix kilométrique $\times$ les km prévus dans le cahier des charges. Le prix kilométrique n'est pas affecté par les efforts de E. Une rémunération accessoire prend la forme:

$$50\% \text{ de } \left(\tilde{r} - \tilde{r} \frac{v^0}{v^1} (1 + 0.5 \text{ accroiss}^t \text{ relatif des km parcourus}) \right)$$

où v^0 est le nb de voyageurs l'année précédente, v^1 le nb cette année; on peut donc considérer qu'implicitement, l'objectif est $\tilde{r}v^0/v^1 = r^0$, le niveau de recette obtenu avec les tarifs courants si la demande était restée inchangée et à capacité donnée. L'accroissement relatif des km parcourus est essentiellement contractuel et ne reflète pas des considérations incitatives; il est donc légitime de raisonner à km fixes pour trouver l'incitation monétaire. Notons que la rémunération accessoire a une

validité générale; notons aussi que de fait, g^0 est toujours supérieure à $\tilde{r}$.
Donc, les paramètres pertinents sont:

$$A = -0,5 \text{ si } \tilde{r} < r^0$$

$$B = 0.$$

ANGERS

G

Janv 82

Recettes et dépenses sont supportées par l'AO. L'E reçoit une prime forfaitaire exogène plus une prime de qualité de gestion déterminée par :

$$0,2MF \left(1 + 5 \frac{\Delta \text{Prod}}{\text{Prod}} + 5 \frac{\Delta \text{voyageurs}}{\text{voyageurs}} - \frac{5}{2} \frac{\Delta PKO}{PKO} - 2 \frac{\Delta \text{cout.kilo.non salarial}}{\text{cout kilo. non salarial}} \right)$$

Prod est km parcourus / heures de travail. Donc du point de vue incitatif, la variation relative de productivité correspond à la partie salariale de $-(\tilde{c}-c^0)/c^0$, alors que le dernier terme correspond à la partie salariale. Comme les proportions relatives dans la structure des coûts sont environ 5/7 de charges salariales et 2/7 de charges non salariales, on peut estimer que ces deux termes conduisent à $-7(\tilde{c}-c^0)/c^0$. D'autre part la variation relative du nb de voyageurs est égale à $\tilde{r}-r^0/r^0$. Enfin la partie variable de la prime de gestion est limitée à $\pm 0,2MF$, donc à des variations relatives de recettes de l'ordre de 20% et des variations relatives de charges de l'ordre de 14%. De plus le dernier paragraphe de l'article 21 indique qu'une variation relative du budget de plus de 10% devrait entraîner une renégociation des termes. Ces limites déterminent une plage dont un exercice normal ne sort pas. Avec c^0 de l'ordre de 45MF et r^0 de l'ordre de 20MF (en 1982) on peut donc retenir comme valeur pertinentes:

$$A = - 0,95$$

$$B = - 0,97$$

ANGOULEME

G

Janv 83

ANNONAY

PF avec intéressement

Mai 86

Le prix forfaitaire est exogène à l'activité de l'E. Mais l'article 11 prévoit que si les recettes varient anormalement par rapport à une l'évolution temporelle du prix forfaitaire défini de manière exogène, la différence est partagée également. Donc:

$$A = - 0,5$$

$$B = 0$$

ARLES

GR en fait PF avec intéressement

Juil 84

La recette garantie g^0 comprend une partie fixe qu'il nous est impossible d'évaluer et une partie variable de la forme:

$$0,92MF \left(\Delta \text{voyageurs par km} / \text{voyageurs par km} + (\tilde{r} - r^0) / r^0 \right)$$

En fait, dans le dernier terme de la parenthèse, ce sont les recettes divisées par le coût du service tel qu'il est évalué et actualisé dans le cahier des charges; ce terme étant en grande partie exodène, on ne tient compte que des variations de recettes. De même la variation kilométrique est en grande partie planifiée et contrôlée, indépendante des efforts de productivité qui agissent essentiellement sur le taux de remplissage. Donc, le premier terme devient $\Delta \text{voyageurs} / \text{voyageurs}$, soit encore un terme de variation relative des recettes. Le principe de GR affiché consiste à laisser choisir l'E entre $\tilde{r}$ et la recette garantie (fixe plus variable) définie plus haut. De fait, la partie fixe de g^0 étant en théorie une approximation de c^0 , comme les recettes sont toujours nettement inférieures aux coûts, c'est toujours g^0 qui est versée, avec la prime variable. Il vient donc, avec r^0 de l'ordre de 1,4MF, les paramètres pertinents:

$$A = 0,42$$

$$B = 0$$

ARRAS

G

Jan 82 et Jan 87

Article 12 montre clairement que c'est une convention de géance. Il y a cependant une prime de gestion constituée d'un fixe et d'un intéressement:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,39 \\ 0,6 \end{array} \right\} \left(\Delta \text{Prod} / \text{Prod} + \Delta \text{voyageurs} / \text{voyageurs} - \frac{1}{2} \Delta \text{PKO} / \text{PKO} \right)$$

Cette partie variable de la prime de gestion est limitée: elle doit être supérieure à -0,039MF (et -0,06MF en 87); elle est aussi bornée supérieurement, mais la clause est incompréhensible. Il semble toutefois que les variations autorisées soient larges (de l'ordre de 10% ou plus à la baisse), et donc que la formule soit pertinente pour la plupart des exercices. Comme précédemment, on trouve que la part salariale dans les coûts est d'environ 70%; avec c^0 de l'ordre de 10MF en 82 et 15,7MF, et r^0 de l'ordre de 8,5MF et 11,5MF, on a:

A = - 0,95 en 82 et 87

B = - 0,97 en 82 et 87

AURILLAC

RP

Jan 88

AUXERRE

GR en fait prix forfaitaire

Jan 88

La recette garantie est composée d'une partie fixe g^0 et d'un intéressement en MF:

$$0,17 \left(\Delta \text{voyageurs/voyageurs} - \Delta \text{km}/2\text{km} \right)$$

Avec r^0 de l'ordre de 1,9MF, et g^0 de plus de 5MF, il est clair que la logique effective est celle du prix forfaitaire. On a de plus une plage de variations possibles de 33% de g^0 environ, soit donc de 10% de variations relatives de recettes, limites dans lesquelles un exercice normale se situe. Donc, les valeurs pertinentes sont:

A = - 0,90

B = 0.

BAYONNE

GR en fait PF

Jan 83

Le montant exogène de la recette garantie g^0 est nettement plus important que le montant moyen des recettes d'exploitation.

BAYONNE

RP

Jan 88

cf Aurillac.

BEAUVAIS

PF

Jan 89

Convention d'une grande clarté qui précise un intéressement de 100% des dépassements de recettes localement et de 50% en dehors de la plage choisie. La plage choisie est étroite, puisqu'elle correspond pour 89 à une variation relative des recettes de 1,6%. On peut donc considérer que les valeurs pertinentes des intéressements sont de 50% soit:

A = - 0,5 (A = 0 localement)

$$B = 0$$

BESANCON

G

Jan 81

La partie variable de la prime de qualité de gestion est de la forme classique, en MF:

$$0,115 \left(5 \Delta \text{voyageurs/voyageurs} - 3 \Delta \text{km/km} + 2 \Delta \text{Prod/Prod} \right)$$

De plus cette partie variable est limitée supérieurement à 0,048MF environ, soit une plage de 8% de variations de recettes, et plus large encore pour les variations de charges. Il ne semble pas de plus qu'il y ait de limitations vers le bas. Avec une part salariale de 77% dans les charges totales, et c^0 de l'ordre de 49MF, r^0 de l'ordre de 24MF, on trouve donc comme valeurs pertinentes:

$$A = - 0,98$$

$$B = - 0,996$$

BORDEAUX

G

Jan 85

Une prime de gestion est prévue, du même type que celles vues précédemment, mais on ne dispose pas de l'annexe.

BOULOGNE

RP

Jan 85

BOURG EN BRESSE

G

Jan 88

Une clause de partage 50%-50% des écarts de recettes est prévue dans le cas où cet écart est important. Il se trouve que le seuil correspond à une variation relative de recettes de l'ordre de 0,4% ; il sera donc franchi la plupart du temps, et les valeurs pertinentes sont donc:

$$A = - 0,5$$

$$B = -1$$

BREST

G

Jan 84

La convention précise une rémunération :

$$0,0075 \left(1 - 3(\tilde{c}-c^0)/c^0 \right) (3\tilde{r} + \tilde{c})$$

soit 2,25% d'intéressement aux recettes exceptionnelles, et :

$$0,0075 \left(1 - 3(3r^0+c^0)/c^0 \right)$$

de coefficient d'intéressement aux dépassements de coûts. En fait, la formule précise un intéressement différent selon que $\tilde{c} >$ ou $< c^0$, et ceci modifie légèrement le coefficient B. Avec r^0 de l'ordre de 30MF et c^0 de l'ordre de 80MF, on obtient environ:

$$A = - 0,98$$

$$B = - 0,96 \quad (- 0,98 \text{ pour des diminutions de coûts en fait})$$

BREST

RP

Jan 88

BRUAY EN ARTOIS

RP

Aout 82

Une clause de partage 50%-50% des variations de recettes de plus de 10% est prévue. Mais la plage est assez grande pour qu'en pratique les coefficients locaux soient ceux qui sont pertinents pour les incitations.

CAEN

G

Jan 87

La partie variable de la rémunération de E est de la forme:

$$-30 \left((\tilde{c}-\tilde{r}) - (c^0-r^0) \right) / (c^0-r^0)$$

soit avec un déficit de l'ordre de 46MF, un intéressement de 65%. D'autre part, cette partie variable est limitée à 0,5MF, soit une tolérance de 1,6% des variations relatives de déficit, ce qui est une plage étroite. Les paramètres pertinents sont donc plus proches de -1:

$$A = -1 \quad (- 0,35 \text{ localement pour 1,6\% de variations de déficit})$$

$$B = -1 \quad (- 0,35 \text{ localement pour 1,6\% de variations de déficit})$$

CALAIS

GR devenant PF local et ? en pratique

Juil 84

L'E est d'abord rémunéré sur la base de son activité commerciale selon un intéressement de 0,26 Δ voyageurs/voyageurs, ceci dans une plage de 20% de variations relatives, donc quasiment tout le temps. Il supporte de plus les couts et les recettes, et l'AO lui verse la différence entre une "recette

garantie" et les recettes réelles: c'est donc en réalité un prix forfaitaire, puisque l'excédent des recettes n'est pas conservé par l'E. Ce prix forfaitaire correspond de toute façon plus à c^0 qu'à r^0 qui est bien inférieur; donc la logique est clairement celle du prix forfaitaire. Ceci n'est vrai que localement, si les coûts restent dans un voisinage du prix forfaitaire de l'ordre de 0,05MF. Sinon, alors le contrat rembourse les coûts réels plus une prime fixe: et les variations de recettes sont donc totalement supportées par E dans ce cas. Les coûts étant de l'ordre de 17MF, on voit qu'un exercice sortira généralement du cadre local (0,3% de variations) et que les coefficients pertinents seront plutôt:.. Soit finalement, avec r^0 de l'ordre 10MF,

$$A = 0 \quad (-0,97 \text{ localement})$$

$$B = -1 \quad (0 \text{ localement})$$

CANNES

GR en fait PF; mais peut-être G

Aout 84

Un intéressement explicite de 3% au chiffre d'affaire vient compléter la garantie de recette minimale. Il faut cependant revenir sur cette garantie de recette qui est égale, selon la convention, aux charges d'exploitation. Le texte n'est pas clair, mais il semble bien donc que cela s'apparente au remboursement de $\tilde{c}$, auquel cas la logique est proche d'une logique de gérance (car de toutes façons, $\tilde{r} \ll \tilde{c}$).

$$A = -0,97$$

$$B = 0 \text{ ou } -1 \text{ selon l'interprétation du texte.}$$

CHALONS SUR SAONE

PF

Juil 87

La logique de prix forfaitaire est sensiblement modifiée par la formule d'actualisation du prix forfaitaire qui tient compte des Δ voyageurs/voyageurs: soit donc un prix forfaitaire avec partie variable de:

$$0,12 \times 10,5MF \times (\tilde{r} - r^0)/r^0$$

Il est indiqué de plus que si ce montant atteint 15% de 10,5MF (et positif), il pourra être modifié; la signification de cette clause est vague, et suggère une renégociation entre les parties. Mais ce cas de figure risque de se présenter car cela n'autorise qu'environ 1% de variations de recettes. Il est donc difficile de conclure. Avec r^0 de l'ordre de 6MF,

$$A = -0,79 \text{ localement, et plus proche de } -1 \text{ sinon}$$

$$B = 0$$

CHAMBERY

G

Jan 85

CHATEAUROUX

RP

Jan 85

CLERMONT FERRAND

G

Jan 83

CREUSOT-MONCEAU

G

Juil 79

Une prime d'intéressement du type 0,05MF Δ voyag/voyag affecte la logique de régie intéressée (théoriquement proche de celle de gérance, du point de vue incitatif). Cette prime autorise des variations relatives de $\pm 100\%$ des recettes; cela donne avec r^0 de l'ordre de 2MF:

$$A = - 0,98$$

$$B = -1$$

CREUSOT-MONCEAU

GR en fait PF

Avr 87

La lecture attentive en particulier de l'alinéa 20.3.3 montre qu'il s'agit en fait d'une recette forfaitaire; les excédents de recettes éventuels ne sont pas conservés par l'E. Et de toutes façons, le niveau de la recette garantie est supérieure à celui de la recette effective.

DIEPPE

GR en fait PF avec intéressement

Jan 87

La recette garantie n'est pas chiffrée explicitement dans la convention incomplète dont on dispose; mais l'examen des résultats postérieurs montrent que systématiquement, les recettes réelles sont en-deçà: d'où une logique de prix forfaitaire de facto. Une prime d'intéressement prend la forme 1,5 Δ voyageurs en F, soit pour un produit moyen par voyageur de 2,3MF un intéressement de 65% aux dépassements de recettes. Cet intéressement est valable pour des variations relatives de moins de 12% c'est-à-dire, en

pratique toujours. Soit donc:

$$A = - 0,35$$

$$B = 0$$

DOLE

PF avec intéressement qui conduit localement à RP

Jan 88

Une logique de prix forfaitaire global est profondément modifiée par l'intégration dans la somme forfaitaire d'un terme d'intéressement du type $\tilde{r} \times \Delta \text{voyageurs/voyageurs}$, c'est à dire, suivant la methodology employée jusqu'à présent, un intéressement de 100% aux recettes, dans une plage limitée de -7% à +15% pour la variation relative de recettes; cette plage est, il semble, assez grande pour être effective la majeure partie du temps. Donc:

$$A = 0$$

$$B = 0$$

DOUAI

RP

Nov 85

cf type Bruay. Pour les grandes recettes exceptionnelles, il y a partage 50%-50%. Mais la plage de non-partage est de $\pm 10\%$, donc en pratique s'applique la plupart du temps.

DUNKERQUE

GR en fait PF, en réalité spécial

Jan 84

Voir la convention de Calais. Il y a un objectif de recettes exogène et si $\tilde{c}$ n'est pas trop éloigné de cet objectif, on a une logique de prix forfaitaire. Dans le cas contraire, $\tilde{c}$ est remboursé plus un montant fixe et le risque commercial est alors totalement assumé par l'E. La marge d'éloignement est de moins de 0,2% (en valeur -0,05MF à +0,1MF) ce qui pousse en pratique à ne considérer que la logique de remboursement des coûts. A ceci se greffe une prime intégrée dans le prix forfaitaire, dont la partie variable est

$$0,35MF \left(0,0825 \times 20 \Delta \text{voyag/voyag.} + 0,2475 \times 33 \Delta \text{Prod/Prod} \right)$$

Avec la methodology employée, en notant que r^0 est de l'ordre de 21MF, c^0 de l'ordre de 45MF et la part salariale de l'ordre de 66% dans les charges totales, on trouverait un intéressement de l'ordre de 0,3% aux recettes et de l'ordre de 4% aux charges. Mais comme ces intéressement sont inclus dans

la recette forfaitaire, et que la logique de recette forfaitaire est généralement remplacée par celle de remboursement des charges plus une constante, on obtient en pratique:

$$A = 0$$

$$B = -1$$

EPINAL

GR en fait PF

Jan 86

HENIN CARVIN

RP

Jan 89

LAVAL

G

Jan 87

L'intéressement comprend une partie variable 1MF $\left(\frac{c^0 - r^0}{\tilde{c} - \tilde{r}} - 1 \right)$ qui revient donc à un coefficient d'intéressement de $1/(c^0 - r^0)$, soit 28%. Cette partie variable s'applique pour des variations relatives du déficit de moins de 20%, c'est-à-dire avec une grande généralité. A ce terme vient s'ajouter une pénalité pour dépassement des coûts de combustibles, que l'on peut retraduire comme: $-\left(\tilde{c}_{\text{combust}} - c_{\text{combust}}^0 \right)$. En admettant comme précédemment, que la part de productivité est proportionnelle à la part du poste dans les charges totales, le coefficient d'intéressement devrait donc être égal au % des charges de carburant dans les charges totales; une estimation raisonnable est de l'ordre de 10%. Donc:

$$A = - 0,72$$

$$B = - 0,62$$

LILLE

PF en fait RP

Jan 89

Un prix forfaitaire très complexe est calculé sur la base d'indices soit exogènes, soit provenant des performances passées considérées comme base de référence. Mais vient s'ajouter l'article 18.1 qui assigne un objectif de recettes et laisse le reliquat entièrement à l'E. C'est donc bien finalement une logique de RP. Et la validité de cette clause est globale.

LIMOGES

GR sans chiffres mais vraisemblablement en fait PF

Jan 85

LORIENT

G

Jan 78

L'intéressement sous forme de prime de gestion est de la forme:

$$0,15MF \left(5 \Delta \text{Prod}/\text{prod} + 3 \Delta \text{voyageurs}/\text{voaygeurs} \right)$$

Avec la méthode employée, pour r^0 de l'ordre de 10MF, c^0 de l'ordre de 20MF et une part salariale de 60% dans les charges, on trouve que le domaine de validité de cette prime est d'environ 33% de variations relatives des recettes ou des dépenses. Donc:

$$A = - 0,955$$

$$B = - 0,98$$

LORIENT

G

Jan 82

La formule de gérance avec intéressement est conservée, mais l'intéressement prend une forme légèrement différente. Elle comporte en fait des paliers discrets, mais les sommes mises en jeu dans la rétribution sont triviales par rapport aux montants des recettes et dépenses; donc:

$$A = -1$$

$$B = -1$$

LYON

PF

Jan 87

La logique de prix forfaitaire exogène est complétée de manière explicite par un intéressement aux recettes de l'ordre de 30%. Cet intéressement n'est valable que dans la mesure où les variations relatives de recettes sont en deçà de 2%. La plage ainsi définie est non triviale, on retient donc les valeurs possibles

$$A = - 0,7 \text{ localement, } -1 \text{ sinon;}$$

$$B = 0$$

MAUBEUGE

GR en fait PF (cf avenant 2)

Jan 84

MONTBELIARD

G

Jan 90

La rémunération tient compte d'un intéressement au dépassement de déficit: $0,27MF \times 4 (\tilde{r}-\tilde{c})/(c^0-r^0)$. Avec une valeur du déficit moyen de 23MF environ, et une plage de validité de 12% des variations de déficit, donc relativement générale, on a:

$$A = - 0,96$$

$$B = - 0,96$$

MORLAIX

RP

Jan 86

Une clause de partage 50%-50% des grandes variations de recettes intervient, pour des variations relatives de recettes de plus de 18%.

NANTES

GR

Jan 83

NEVERS

RP

Jan 87

cf Morlaix, mais avec une parge de 5% de variations relatives des recettes, soit donc une marge relativement restreinte.

NIMES

GR en fait PF avec intéressement

Nov 85

La recette garantie est exogène. De fait, il s'agit d'un prix forfaitaire. Un intéressement de 15% aux recettes est intégré de manière explicite, sans conditions locales.

$$A = - 0,85 \text{ de fait}$$

$$B = 0$$

ORLEANS

RP

Jan 88

PERPIGNAN

GR en PF avec intéressement

Jan 86

La recette garantie est bien supérieure aux recettes réelles, donc la

logique est celle de PF. Mais une recette prévisionnelle sert à évaluer les dépassements de recettes, et ces dépassements sont partagés 50%-50% (article 11 dernier paragraphe).

$$A = - 0,5$$

$$B = 0$$

QUIMPER

RP

Jan 86

cf un partage des grandes variations de recettes, au delà de 9%.

REIMS

RP avec modification

Jan 86

L'alinéa 11.3 définit t^0 versée à l'E. L'alinéa 11.5 définit r^0 et indique que l'E obtiendra $\tilde{r}-\tilde{c}+t^0$ si $|(\tilde{r}-r^0)/r^0| < 0,05$. Au delà, $\tilde{r}-r^0$ est partagé 50%-50%. Les données montrent que l'on reste généralement en deçà des 5% de seuil.

Enfin l'alinéa 11.6 est un peu original. Il précise que la participation doit être limitée: elle précise que l'E ne recevra que la moitié de ses gains financiers, si ceux-ci dépassent 0,7MF (1985) (compte tenu du t^0). Si en 86 tel n'a pas été le cas, cela semble avoir eu lieu après. La rémunération est donc proche de

$$A = 0 \text{ si } \tilde{r} < 1,015 r^0 \text{ et } - 0,5 \text{ sinon}$$

$$B = 0 \text{ si } \tilde{c} > 1,007 c^0 \text{ et } - 0,5 \text{ sinon}$$

RENNES

G

Jan 88

Une formule d'intéressement du type

$$4,5MF \left(\Delta \text{voyageurs/voyageurs} - \Delta \text{coûts/coûts} \right)$$

mais limitée à être positive, fournit de manière classique, avec r^0 de l'ordre de 45MF et c^0 de l'ordre de 132MF, une zone de validité telle que la différence de variations relatives de recettes et des charges se situe entre 0% et +4%, et des coefficients effectifs:

$$A = - 0,90 \text{ localement et si prime positive, } -1 \text{ sinon;}$$

$$B = - 0,97 \text{ localement et si prime positive, } -1 \text{ sinon.}$$

ROUEN

G

Jan 87

La formule de gérance (en fait régie intéressée) est complétée par une prime de gestion de la forme:

$$3,5 \left(\Delta \text{Prod}/\text{Prod} - \Delta \text{Coûts unit}/\text{coûts unit} \right)$$

Le domaine de validité de cet intéressement est déterminé par le fait que le terme entre parenthèse ci-dessus ne peut varier de plus de 1%: c'est donc une plage réduite. Avec une part salariale de 75%, et c^0 de l'ordre de 123MF, on obtient un intéressement de 5% aux dépassements de coûts faibles; mais les valeurs pertinentes à retenir sont:

$$A = - 1$$

$$B = - 1$$

SAINT-BRIEUX

RP

Avr 85

cf quimper avec une zone de grandes variations de recettes de l'ordre de 18%.

SAINT-CLAUDE

PF

Jan 88

SAINT-ETIENNE

G

Jan 88

La logique de gérance est affectée de 2 manières. Tout d'abord une rémunération variable est calculée sur la base: 28MF ($\tilde{r}/\tilde{c} - r^0/c^0$). Soit avec r^0 de l'ordre de 85MF et c^0 de l'ordre de 170MF, un intéressement de 16% aux recettes et de 8% aux coûts. Cette formule reste valable tant le terme entre parenthèses plus haut reste compris entre -2,5% et 2,5%, soit des variations relatives de recettes ou charges de l'ordre de 5%. On peut considérer que l'exercice induira des résultats compris dans cette plage.

De plus, l'article 25 précise que les bénéfices ou pertes du compte d'exploitation, dans lesquels intervient la prestation mentionnée plus haut, sont partagés 50%-50% dans certaines limites. L'intéressement supplémentaire qui en résulte est limité à -1,4MF et 0,7MF. Tous calculs faits, on trouve que cet intéressement couvre des variations relatives de recettes comprises entre -4% et +2% et des variations relatives de coûts comprises entre -2% et +1%. Ces plages imposent de retenir les valeurs suivantes:

$$A = - 0,42 \text{ localement, } - 0,84 \text{ sinon;}$$

$$B = - 0,46 \text{ localement, } - 0,92 \text{ sinon.}$$

THONON

PF

Sept 83

Une rémunération supplémentaire de 0,04MF Δ voyag/voyag donne:

$$A = - 0,97$$

$$B = 0$$

TOULON

G (régie intéressée)

Jan 86

La prime de gestion est classique: $0,5MF \left(\Delta \text{voyag/voyag} + \Delta \text{Prod/Prod} \right)$.
Avec une part salariale de 60% environ, une marge autorisée qui revient à 20% pour les variations relatives des charges ou des produits, r^0 et c^0 de l'ordre de 50MF et 100MF, on trouve:

$$A = - 0,99$$

$$B = -1 \text{ (arrondi)}$$

TOULOUSE

PF

Juil 88

La convention est complexe puisqu'elle met en place un système de concession sur 30 ans. Néanmoins, il semble que pour l'exploitation du réseau routier urbain, une contribution forfaitaire fixe est complétée par une annulation des aléas dûs aux recettes: la logique est donc celle du prix forfaitaire.

VALENCIENNES

GR

Jan 84

absence d'annexes pour les détails.

ANNEXE II
PREUVES DES RESULTATS DU CHAPITRE 4

Le programme d'information parfaite

Reprenons le programme qui détermine la convention optimale en information parfaite:

$$(\bar{p}, \bar{a}, \bar{e}) \in \underset{(p, a, e)}{\operatorname{Argmax}} \left\{ S(p, a) + (1+k) \left(r(p, a) - c(p, a, e) - \phi(a) - \psi(e) \right) \right\} \quad (A1)$$

t.q. $a \geq 0, e \geq 0, p \geq 0, D \geq p$

On notera α, ε, ν et η respectivement les multiplicateurs de Lagrange associés aux contraintes dans l'ordre où elles ont été écrites. Les dérivées premières du Lagrangien sont:

$$\partial_p \mathcal{L} = g(a) \left(kD + (1+k)h(e) - (1+2k)p \right) + \nu - \eta \quad (A2)$$

$$\partial_a \mathcal{L} = g'(a) \left(\frac{(D-p)^2}{2} + (1+k)(D-p)(p-h(e)) \right) - (1+k)\phi'(a) + \alpha \quad (A3)$$

$$\partial_e \mathcal{L} = -(1+k)(D-p)g(a)h'(e) - (1+k)\psi'(e) - (1+k)F'(e) + \varepsilon \quad (A4)$$

Definissons les notations suivantes:

$$\bar{p}(e) \equiv \frac{kD + (1+k)h(e)}{1+2k}$$

$$\Sigma(p, e) \equiv \left(\frac{(D-p)^2}{2(1+k)} + (D-p)(p-h(e)) \right)$$

La matrice M des dérivées secondes s'écrit, en omettant les arguments:

$$M = \begin{bmatrix} -(1+2k)g & g'(1+2k)(\bar{p}-p) & (1+k)gh' \\ g'(1+2k)(\bar{p}-p) & (1+k)(g''\Sigma(p, e) - \phi'') & -(1+k)g'h'(D-p) \\ (1+k)gh' & -(1+k)g'h'(D-p) & -(1+k)\left(gh''(D-p) + \psi'' + F'' \right) \end{bmatrix}$$

Nous étudions tout d'abord le programme (A1) lorsque le tarif est fixé à niveau donné p. Notons tout d'abord que pour tout e, l'hypothèse H1 garantit que:

$$\Sigma(p, e) \geq \frac{1}{2(1+k)} \left(D - 2(1+k)h(0) + (1+2k)p \right) > 0 \quad (A5)$$

Les hypothèses de concavité de g et de convexité de h , F et ϕ impliquent alors que M_{aa} et M_{ee} sont négatifs et le déterminant de la sous-matrice relative à (a,e) vérifie donc:

$$\frac{Det_{ae}}{(1+k)^2} = -g''\Sigma(p,e) \left(gh''(D-p)+F'' \right) + \left(gh''(D-p)+F'' \right) \phi'' - g''\Sigma(p,e)\psi'' + \phi''\psi'' - g'^2 h'^2 (D-p)^2.$$

La première ligne est positive; sous H2, la seconde ligne est aussi positive et le déterminant est donc bien positif. Pour tout tarif fixé p , le programme d'information parfaite de l'A.O. en (a,e) est concave. Revenant aux conditions de premier ordre à p fixé, les hypothèses assurent de plus que la solution est intérieure, définie par:

$$g'(a)\Sigma(p,e) = \phi'(a) \quad (A6)$$

$$-(D-p)g(a)h'(e) - F'(e) = \psi'(e) \quad (A7)$$

Les résultats de statique comparative, à tarif fixé, se déduisent de ce que

la matrice $N = \begin{bmatrix} M_{aa} & M_{ae} \\ M_{ae} & M_{ee} \end{bmatrix}^{-1}$ a tous ses éléments négatifs. Dès lors,

$$\begin{bmatrix} da \\ de \end{bmatrix} = N \cdot \begin{bmatrix} d(\phi') - g' \left(\frac{D-p}{1+k} + p-h \right) dD + g' \frac{(D-p)^2}{2(1+k)^2} dk \\ d(\psi') + gh' dD \end{bmatrix}$$

fournit tous les résultats de statique comparative du corollaire 2.

Nous étudions maintenant le programme (A1) portant sur les trois variables (p,a,e) . Les conditions du premier ordre sont nécessaires. (A2) indique clairement, sous l'hypothèse H1, que p doit être intérieur, égal à $\bar{p}(e)$. De plus, a et e sont aussi intérieurs. Montrons qu'en toute solution de (A2)-(A3)-(A4), la matrice M est définie négative, c'est à dire que le maximande dans (A1) est strictement quasi-concave. Il faut tout de suite remarquer que $M_{pa} = M_{ap} = 0$ en tout point qui vérifie (A2) et que M se réécrit:

$$M = (1+k) \begin{bmatrix} -g \frac{1+2k}{1+k} & 0 & h'g \\ 0 & \frac{1+k}{2(1+2k)}(D-h)^2 g'' - \phi'' & -\frac{1+k}{(1+2k)}(D-h)g'h' \\ h'g & -\frac{1+k}{(1+2k)}(D-h)g'h' & -\frac{1+k}{(1+2k)}(D-h)h''g - \psi'' - F'' \end{bmatrix}$$

Il s'ensuit que les sous-déterminants sont bien positifs. Il suffit donc de vérifier que le déterminant global est négatif. Les termes sur la diagonale vont tous dans le sens d'un déterminant global négatif; une condition suffisante est donc que le déterminant global soit négatif pour $g''=h''=F''=0$, soit:

$$\begin{aligned} \frac{\text{Det}}{(1+k)^3} &= \frac{1+k}{2(1+2k)}(D-h)^2 g \left\{ gg'' \left(h''(D-h) - h'^2 \right) + 2g'^2 h'^2 \right\} \\ &\quad - \left(g^2 h''(D-h) - h'^2 g^2 \right) \phi'' + gg'' \frac{(D-h)^2}{2} \psi'' - \frac{1+2k}{1+k} g \phi'' \psi'' \\ &\leq \frac{1+k}{(1+2k)}(D-h)^2 gg'^2 h'^2 + h'^2 g^2 \phi'' - \frac{1+2k}{1+k} g \phi'' \psi'' \end{aligned}$$

Sous H2, ce terme est bien négatif, et donc M est définie négative. Le problème (A1) est donc bien concave, et les conditions nécessaires du premier ordre sont suffisantes. De $\bar{p}=\bar{p}(\bar{e})$, on tire: $(D-\bar{p}) = \frac{1+k}{1+2k} (D-h(\bar{e}))$ et $(\bar{p}-h(\bar{e})) = \frac{k}{1+2k} (D-h(\bar{e}))$. En remplaçant dans (A3) et (A4), on trouve (3) et (4) du texte.

La statique comparative se déduit du signe des éléments de la matrice inverse $Q = M^{-1}$. Tout d'abord, $Q_{11} < 0$. On peut calculer, de plus, que:

$$Q_{pa} \times \text{Det} = -(1+k)^2 h' g \left(\frac{1+k}{(1+2k)} (D-h) g' h' \right), \text{ donc } Q_{pa} > 0;$$

$$Q_{pe} \times \text{Det} = -(1+k)^2 h' g \left(\frac{1+k}{2(1+2k)} (D-h)^2 g'' - \phi'' \right), \text{ donc } Q_{pe} > 0;$$

$$Q_{ae} \times \text{Det} = -g(1+k)(1+2k) \left(\frac{1+k}{(1+2k)} (D-h) g' h' \right), \text{ donc } Q_{ae} < 0.$$

On trouve alors:

$$\begin{bmatrix} dp \\ da \\ de \end{bmatrix} = Q \cdot \begin{bmatrix} -g \frac{D-h}{1+2k} dk \\ (1+k)d(\phi') + g' \frac{(D-\bar{p})^2}{2(1+k)} dk \\ (1+k)d(\psi') \end{bmatrix}$$

et les résultats de statique comparative de la proposition s'ensuivent.

La situation d'incitation

Commençons par examiner le programme de l'exploitant:

$$\text{Max}_{a,e} \left\{ (1+A)r(p,a) - (1+B)c(p,a,e) - \phi(a) - \psi(e) \right\} \quad (\text{A8})$$

Les conditions nécessaires du premier ordre s'écrivent, avec α et ε les multiplicateurs de Lagrange associés aux deux contraintes de positivité:

$$g'(a)(D-p)\left\{(1+A)p - (1+B)h(e)\right\} - \phi'(a) + \alpha = 0 \quad (A9)$$

$$-h'(e)(1+B)g(a)(D-p) - (1+B)F'(e) - \psi'(e) + \varepsilon = 0 \quad (A10)$$

Il apparaît que:

$$a > 0 \Leftrightarrow (1+A)p > (1+B)h(e)$$

$$e > 0 \Leftrightarrow 1+B > 0$$

Supposons donc que $(1+A)p > (1+B)h(e) > 0$. Dans ce domaine, la matrice des dérivées secondes s'écrit:

$$J = \begin{bmatrix} g''(D-p)\left[(1+A)p - (1+B)h\right] - \phi'' & -g'h'(1+B)(D-p) \\ -g'h'(1+B)(D-p) & -h''(1+B)g(D-p) - (1+B)F'' - \psi'' \end{bmatrix}$$

Sur le domaine retenu, les termes diagonaux sont bien négatifs, et H2 garantit que le déterminant est positif. Les conditions du premier ordre caractérisent donc bien la solution, quand celle-ci est intérieure.

La matrice J^{-1} a de plus tous ses coefficients négatifs (les termes hors diagonale sont nuls si $h'=0$), donc la statique comparative du Lemme 1 découle de la relation:

$$\begin{bmatrix} da \\ de \end{bmatrix} = J^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -g'(D-p)p dA + g'h(D-p) dB + d(\phi') - g'\left[(1+A)p - (1+B)h\right] dD \\ h'g(D-p) dB + d(\psi') + h'g(1+B) dD \end{bmatrix}$$

Ainsi, on trouve:

$$\frac{\partial a}{\partial A} \times \text{Det}J = g'p(D-p)\left(gh''(1+B)(D-p) + \psi''\right) > 0$$

$$\frac{\partial e}{\partial A} \times \text{Det}J = -g'^2h'(1+B)p(D-p)^2 > 0$$

$$\frac{\partial a}{\partial B} \times \text{Det}J = -g'ghh''(1+B)(D-p)^2 - g'h(1+B)(D-p)F'' - g'h(D-p)\left(\psi'' - \frac{g}{h}h'^2(1+B)(D-p)\right)$$

qui est donc bien négatif compte tenu de H2, et enfin,

$$\frac{\partial e}{\partial B} \times \text{Det}J = g''gh'(D-p)^2\left[(1+A)p - (1+B)h\right] - gh'(D-p)\left(\phi'' - \frac{h}{g}g'^2(1+B)(D-p)\right)$$

qui est bien positif grâce à H2.

Notons que si la solution est telle que $a=0$, alors $(1+A)p \leq (1+B)h(e)$, et l'effort de productivité est déterminé par (A10) en $a=0$. Il est alors

évident que localement, e croît en B et est insensible à A . De même, si la solution est telle que $e=0$, alors $B \leq -1$; a est déterminé par (A9) pour $e=0$ et il est immédiat que localement, a croît en A et décroît en B .

Ceci termine la démonstration du lemme 1.

Le modèle discret d'incitation

Pour un couple (A,B) donné, l'exploitant doit comparer:

$$\pi(a^M, e^M) = (1+g) \left[((1+A)p - (1+B)\underline{c})(D-p) - (1+B)\underline{F} - \phi - \psi \right]$$

$$\pi(a^M, 0) = (1+g) \left[((1+A)p - (1+B)\bar{c})(D-p) - (1+B)\bar{F} - \phi \right]$$

$$\pi(0, e^M) = \left[((1+A)p - (1+B)\underline{c})(D-p) - (1+B)\underline{F} - \psi \right]$$

$$\pi(0, 0) = \left[((1+A)p - (1+B)\bar{c})(D-p) - (1+B)\bar{F} \right]$$

On en déduit alors les résultats du lemme 2. i) s'ensuit immédiatement car ϕ et ψ sont positifs. Dans le cas ii), $a=0$ est évident et $e=e^M$ découle de (13). Dans le cas iii), $e=0$ est évident et $a=a^M$ est une conséquence de (12). Enfin dans iv), (12) et (13) sont toutes les deux cruciales.

Dans le cas où l'exploitant est neutre vis à vis du risque de revenus, le problème à résoudre pour l'A.O. est celui de la proposition 3. L'A.O. doit comparer les expressions suivantes:

$$\frac{\hat{W}(a^M, e^M)}{1+k} = (1+g) \left[\frac{(D-p)^2}{2(1+k)} + (p-\underline{c})(D-p) \right] - \underline{F} - \phi - \psi$$

$$\frac{\hat{W}(a^M, 0)}{1+k} = (1+g) \left[\frac{(D-p)^2}{2(1+k)} + (p-\bar{c})(D-p) \right] - \bar{F} - \phi$$

$$\frac{\hat{W}(0, e^M)}{1+k} = \left[\frac{(D-p)^2}{2(1+k)} + (p-\underline{c})(D-p) \right] - \underline{F} - \psi$$

$$\frac{\hat{W}(0, 0)}{1+k} = \left[\frac{(D-p)^2}{2(1+k)} + (p-\bar{c})(D-p) \right] - \bar{F}$$

qui ne dépendent pas des coefficients d'intéressement A et B . (12) est suffisant pour assurer que (a^M, e^M) est meilleur que $(a^M, 0)$; (13) est suffisant pour assurer que (a^M, e^M) est préférable à $(0, e^M)$; enfin (12) et (13) ensemble impliquent la dernière inégalité, à savoir que (a^M, e^M) est meilleur que $(0, 0)$. On en déduit le lemme 3.

Dans le cas général où l'exploitant est averse au risque de revenus, il est facile de calculer:

$$\frac{W(a^M, e^M)}{1+k} = (1+g) \left(\frac{(D-p)^2}{2(1+k)} + (p-\underline{c})(D-p) \right) - \underline{F} - \phi - \psi - \Delta(\sigma_\rho^2 + \sigma_\gamma^2)/2$$

$$\frac{W(a^M, 0)}{1+k} = (1+g) \left(\frac{(D-p)^2}{2(1+k)} + (p-\bar{c})(D-p) \right) - \bar{F} - \phi - \Delta\sigma_\rho^2/2$$

$$\frac{W(0, e^M)}{1+k} = \left(\frac{(D-p)^2}{2(1+k)} + (p-\underline{c})(D-p) \right) - \underline{F} - \psi - \Delta\sigma_\gamma^2/2$$

$$\frac{W(0, 0)}{1+k} = \left(\frac{(D-p)^2}{2(1+k)} + (p-\bar{c})(D-p) \right) - \bar{F}$$

Il en résulte que:

$$\begin{aligned} \left(W(a^M, e^M) - W(0, 0) \right) &= \left(W(a^M, 0) - W(0, 0) \right) \\ &+ \left(W(0, e^M) - W(0, 0) \right) + gc(D-p)(1+k) \end{aligned} \quad (A11)$$

d'où découlent les trois résultats du lemme 4.

Supposant σ_ρ^2 et σ_γ^2 strictement positifs, analysons la statique comparative par rapport à Δ , le coefficient d'aversion pour le risque. $W(0, 0)$ est constant, alors que les autres possibilités décroissent lorsque Δ croît. De plus, pour $\Delta=0$, on sait que la convention optimale correspond à (a^M, e^M) , c'est à dire $(A, B) = (0, 0)$. Etant donné le lemme 4, les seules possibilités sont:

$\exists \Delta_1, \Delta_2, 0 < \Delta_1 \leq \Delta_2$, si $\Delta < \Delta_1$, la convention optimale est $(A, B) = (0, 0)$,
si $\Delta_1 < \Delta < \Delta_2$, la convention optimale est $(A, B) = (-1, 0)$,
si $\Delta_2 < \Delta$, la convention optimale est $(A, B) = (-1, -1)$;

ou bien

$\exists \Delta_1, \Delta_2, 0 < \Delta_1 \leq \Delta_2$, si $\Delta < \Delta_1$, la convention optimale est $(A, B) = (0, 0)$, si $\Delta_1 < \Delta < \Delta_2$, la convention optimale est $(A, B) = (0, -1)$,
si $\Delta_2 < \Delta$, la convention optimale est $(A, B) = (-1, -1)$.

Dans tous les cas, les coefficients d'intéressement décroissent (faiblement) lorsque l'aversion pour le risque Δ croît. L'émergence de l'un ou l'autre des cas cités dépend évidemment des grandeurs σ_ρ^2 et σ_γ^2 .

Etudions ensuite les propriétés de statique comparative relative à σ_ρ^2 , lorsque l'aversion pour le risque $\Delta > 0$ est fixée. Lorsque σ_ρ^2 augmente, les bien-être relatifs à (a^M, e^M) et à $(a^M, 0)$ décroissent de manière parallèle, et ceux relatifs à $(0, e^M)$ et à $(0, 0)$ restent constants. Les seules situations possibles sont donc:

* lorsque $c(D-p) + F > \psi + \Delta\sigma_\gamma^2/2$, alors $(0, e^M)$ est toujours préférable à $(0, 0)$, et, par le lemme 4, (a^M, e^M) est toujours préférable à $(a^M, 0)$; donc,
 $\exists \sigma_1, 0 < \sigma_1$, si $\sigma_\rho^2 < \sigma_1$, la convention optimale est $(A, B) = (0, 0)$,

si $\sigma_\rho^2 > \sigma_1$, la convention optimale est $(A,B) = (-1,0)$;

* lorsque $c(D-p) + F < \psi + \Delta\sigma_\gamma^2/2 < (1+g)c(D-p) + F$, alors $(0,0)$ est toujours préférable à $(0,e^M)$ et (a^M,e^M) est toujours préférable à $(a^M,0)$; donc,

$\exists \sigma_1, 0 \leq \sigma_1$, si $\sigma_\rho^2 < \sigma_1$, la convention optimale est $(A,B) = (0,0)$,

si $\sigma_\rho^2 > \sigma_1$, la convention optimale est $(A,B) = (-1,-1)$;

* lorsque $(1+g)c(D-p) + F < \psi + \Delta\sigma_\gamma^2/2$, alors $(0,0)$ est toujours préférable à $(0,e^M)$, et $(a^M,0)$ est toujours préférable à (a^M,e^M) ; donc,

$\exists \sigma_1, 0 \leq \sigma_1$, si $\sigma_\rho^2 < \sigma_1$, la convention optimale est $(A,B) = (0,-1)$,

si $\sigma_\rho^2 > \sigma_1$, la convention optimale est $(A,B) = (-1,-1)$.

Dans tous les cas de figure, les coefficients d'intéressement décroissent lorsque σ_ρ^2 croît.

La statique comparative relative à σ_γ^2 est tout à fait similaire et la preuve de la proposition 5 relative à cette partie est donc omise.

Pour une structure de risque donnée, $\Delta > 0$, $\sigma_\rho^2 > 0$ et $\sigma_\gamma^2 > 0$, étudions maintenant l'effet du paramètre de coût des fonds publics k . L'accroissement du coût des fonds publics a pour effet de diminuer le poids relatif dans le bien être social du surplus des consommateurs, pour privilégier le poids des distortions fiscales. Pour comparer les différentes politiques, il suffit de comparer les niveaux de bien-être normalisés, c'est à dire divisés par $(1+k)$, tels qu'ils ont été écrit plus haut. $\frac{W(a^M,e^M)}{1+k}$ et $\frac{W(a^M,0)}{1+k}$ décroissent parallèlement, à un taux plus élevé que $\frac{W(0,e^M)}{1+k}$ et $\frac{W(0,0)}{1+k}$, qui décroissent aussi parallèlement. Les cas qui peuvent donc apparaître sont exactement du type de ceux examinés dans l'étude de l'effet de σ_ρ^2 . Il suffit de reprendre cette dernière analyse et de changer σ_1 en k_1 , et $\sigma_\rho^2 \lesseqgtr \sigma_1$ en $k \lesseqgtr k_1$. A et B décroissent donc lorsque k augmente.

Abordons ensuite l'étude des propriétés de statique comparative par rapport au paramètre de demande D , en rappelant que le tarif est considéré comme fixé. Etant donné les hypothèses (12) et (13), toutes choses égales par ailleurs, il existe $\underline{D}$, une valeur minimale pour la demande, compatible avec le modèle. Les différents bien-être augmentent quand D augmente. Celui relatif à (a^M,e^M) augmente au taux $(1+g)\left[D-p + (1+k)(p-\underline{c})\right]$ donc plus rapidement que les autres. De même, le bien-être relatif à $(a^M,0)$ augmente plus rapidement que celui relatif à $(0,0)$ et le bien-être relatif à $(0,e^M)$ augmente plus rapidement que celui relatif à $(0,0)$. Lorsque D est suffisamment grand, il est clair que (a^M,e^M) est préférable à toute autre

politique. Lorsque D est faible, le principal mérite d'une politique d'incitation est de faire baisser les coûts fixes qui sont indépendants de la demande; les gains en coût variable et en motivation de la demande sont au plus bas, étant donné les formes multiplicatives retenues. Ainsi,

* lorsque $c(\underline{D}-p) + F > \psi + \Delta\sigma_{\gamma}^2/2$, alors $(0, e^M)$ est préférable à $(0, 0)$ pour D faible, et le lemme 4 implique:

$\exists D_1, \underline{D} \leq D_1$, si $D < D_1$, la convention optimale (A, B) est $(-1, 0)$,
si $D > D_1$, la convention optimale (A, B) est $(0, 0)$;

* lorsque $c(\underline{D}-p) + F < \psi + \Delta\sigma_{\gamma}^2/2$, alors $(0, 0)$ est préférable à $(0, e^M)$ pour de faibles demandes, proches de $\underline{D}$. Mais lorsque la demande augmente, $(0, 0)$ tend inexorablement à être dominé; comme pour l'étude de l'effet de Δ , seuls deux cas peuvent se produire en raison du lemme 4:

$\exists D_1, D_2, \underline{D} \leq D_1 \leq D_2$, si $D < D_1$, la convention optimale (A, B) est $(-1, -1)$,
si $D_1 < D < D_2$, la convention optimale (A, B) est $(-1, 0)$,
si $D_2 < D$, la convention optimale (A, B) est $(0, 0)$;

ou bien,

$\exists D_1, D_2, \underline{D} \leq D_1 \leq D_2$, si $D < D_1$, la convention optimale (A, B) est $(-1, -1)$,
si $D_1 < D < D_2$, la convention optimale (A, B) est $(0, -1)$,
si $D_2 < D$, la convention optimale (A, B) est $(0, 0)$;

Dans tous les cas donc, les coefficients d'intéressement croissent avec l'intensité de la demande D , à tarif fixé.

Il est aussi possible d'analyser l'impact de g , c et F , les gains procurés par les efforts en jeu; cet exercice peut refléter l'importance pour l'A.O. d'une situation où les usagers sont particulièrement sensibles aux campagnes publicitaires ou à l'accueil sur le réseau, ou d'une situation où la technologie est très sujette à amélioration. Les techniques de preuve sont similaires à celles utilisées précédemment, et nous donnons simplement les résultats intermédiaires. Il faut noter qu'un accroissement de g est équivalent à une diminution de ϕ , un accroissement de c et/ou F à une diminution de ψ . De plus, il existe des valeurs minimales g_m d'une part, et (c_m, F_m) d'autre part, qui sont compatibles avec les hypothèses (12) et (13).

Lorsque g augmente indéfiniment, (a^M, e^M) domine toute autre situation puisque le bien-être dans ce cas augmente au plus fort taux. Le bien-être des situations correspondant à des niveaux d'effort $(0, 0)$ et $(0, e^M)$ reste constant, alors que celui correspondant à $(a^M, 0)$ croît et celui correspondant aux efforts maximaux (a^M, e^M) croît encore plus vite. On distingue donc deux cas:

* lorsque $c(D-p) + F > \psi + \Delta\sigma_{\gamma}^2/2$, l'A.O. préfère $(0, e^M)$ à $(0, 0)$ et donc,

$\exists g_1, g_m \leq g_1$, si $g < g_1$, la convention optimale (A,B) est (-1,0),

si $g_1 < g$, la convention optimale (A,B) est (0,0);

* lorsque $c(D-p) + F < \psi + \Delta\sigma_\gamma^2/2$, la situation d'effort $(0, e^M)$ est toujours dominée et donc,

$\exists g_1, g_2, g_m \leq g_1 \leq g_2$, et $g_1 = g_m \Rightarrow g_2 = g_m$, tels que

si $g < g_1$, la convention optimale (A,B) est (-1,-1),

si $g_1 < g < g_2$, la convention optimale (A,B) est (0,-1),

si $g_2 < g$, la convention optimale (A,B) est (0,0).

Dans tous les cas, les coefficients d'intéressement croissent.

Lorsque c et/ou F augmentent, enfin, à $\bar{c}$ et $\bar{F}$ fixés, le bien-être relatif aux situations d'efforts $(0,0)$ et $(a^M, 0)$ reste inchangé; celui relatif à la situation $(0, e^M)$ croît au taux $(D-p)$ par rapport à c et au taux 1 par rapport à F ; enfin, le bien-être relatif à la situation d'efforts maximaux (a^M, e^M) croît au taux $(1+g)(D-p)$ par rapport à c et au taux 1 par rapport à F . Il paraît donc utile d'étudier les effets de c et de F séparément.

Un accroissement indéfini de c conduit nécessairement à la situation d'efforts maximaux, étant donné les taux de croissance du bien-être de l'A.O. dans les différentes situations. Deux cas se présentent:

* lorsque $g \left(\frac{(D-p)^2}{2(1+k)} + (p-\bar{c})(D-p) \right) > \phi + \Delta\sigma_\rho^2/2$, la situation $(a^M, 0)$ domine toujours la situation d'efforts minimaux $(0,0)$; donc, par le lemme 4,

$\exists c_1, c_m \leq c_1$, si $c < c_1$, la convention optimale (A,B) est (0,-1),

si $c_1 < c$, la convention optimale (A,B) est (0,0);

* lorsque $g \left(\frac{(D-p)^2}{2(1+k)} + (p-\bar{c})(D-p) \right) < \phi + \Delta\sigma_\rho^2/2$, la situation $(a^M, 0)$ est toujours dominée par la situation d'efforts minimaux $(0,0)$; donc, par le lemme 4,

$\exists c_1, c_2, c_m \leq c_1 \leq c_2$, et $c_1 = c_m \Rightarrow c_2 = c_m$, tels que

si $c < c_1$, la convention optimale (A,B) est (-1,-1),

si $c_1 < c < c_2$, la convention optimale (A,B) est (-1,0),

si $c_2 < c$, la convention optimale (A,B) est (0,0);

Dans tous les cas, les coefficients d'intéressement croissent avec c , à $\bar{c}$, $\bar{F}$ et $\bar{F}$ fixés.

Un accroissement indéfini de F , à $\bar{F}$, $\underline{c}$ et $\bar{c}$ fixés, est par contre plus ambigu puisque les deux situations où $e = e^M$ engendrent des niveaux de bien-être qui croissent au même taux. On distingue alors les cas suivants:

* lorsque $g \left(\frac{(D-p)^2}{2(1+k)} + (p-\bar{c})(D-p) \right) > \phi + \Delta\sigma_\rho^2/2$, alors la situation $(a^M, 0)$ est préférée à $(0,0)$ et donc, par le lemme 4, (a^M, e^M) est aussi préférée à

$(0, e^H)$. Il s'ensuit que

$\exists F_1, F_m \leq F_1$, si $F < F_1$, la convention optimale (A,B) est $(0, -1)$,
si $F_1 < F$, la convention optimale (A,B) est $(0, 0)$;

* lorsque $g\left(\frac{(D-p)^2}{2(1+k)} + (p-\underline{c})(D-p)\right) > \phi + \Delta\sigma_\rho^2/2 > g\left(\frac{(D-p)^2}{2(1+k)} + (p-\bar{c})(D-p)\right)$, alors la situation $(a^H, 0)$ est dominée par la situation $(0, 0)$, mais (a^H, e^H) est encore préférée à $(0, e^H)$. Il s'ensuit que

$\exists F_1, F_m \leq F_1$, si $F < F_1$, la convention optimale (A,B) est $(-1, -1)$,
si $F_1 < F$, la convention optimale (A,B) est $(0, 0)$;

* lorsque $g\left(\frac{(D-p)^2}{2(1+k)} + (p-\underline{c})(D-p)\right) < \phi + \Delta\sigma_\rho^2/2$, alors la situation d'effort maximaux (a^H, e^H) est dominée par la situation $(0, e^H)$ et, a fortiori, par le lemme 4, la situation $(a^H, 0)$ est dominée par $(0, 0)$. Il s'ensuit que

$\exists F_1, F_m \leq F_1$, si $F < F_1$, la convention optimale (A,B) est $(-1, -1)$,
si $F_1 < F$, la convention optimale (A,B) est $(-1, 0)$.

Dans chacun de ces trois cas, un accroissement de F à $\bar{F}$, $\underline{c}$ et $\bar{c}$ fixés, implique un accroissement des coefficients d'intéressement.

Ceci termine la preuve de la proposition 5.

La situation de sélection

Considérons maintenant la situation de sélection. La première étape consiste à dériver la proposition 7 qui caractérise des conditions suffisantes pour qu'une convention soit révélatrice. Ecrivons $\pi(\tilde{\theta}; \theta)$ l'utilité de l'exploitant lorsque les conditions sont θ et qu'il prétend qu'elles sont $\tilde{\theta}$, et $\pi(\theta)$ son utilité lorsqu'il dit la vérité. On a :

$$\begin{aligned}\pi(\tilde{\theta}, \theta) &= t(\tilde{\theta}) + r(p(\tilde{\theta}), a(\tilde{\theta})) - c(p(\tilde{\theta}), a(\tilde{\theta}), e(\tilde{\theta})) - \phi(a(\tilde{\theta}), \theta) - \psi(e(\tilde{\theta}), \theta) \\ &= \pi(\tilde{\theta}) + \int_{\theta}^{\tilde{\theta}} \left(\phi_{\theta}(a(\tilde{\theta}), x) + \psi_{\theta}(e(\tilde{\theta}), x) \right) dx\end{aligned}$$

Donc, d'après (15),

$$\begin{aligned}\pi(\theta) - \pi(\tilde{\theta}, \theta) &= \int_{\theta}^{\tilde{\theta}} \left(\phi_{\theta}(a(x), x) + \psi_{\theta}(e(x), x) \right) dx \\ &\quad - \int_{\theta}^{\tilde{\theta}} \left(\phi_{\theta}(a(\tilde{\theta}), x) + \psi_{\theta}(e(\tilde{\theta}), x) \right) dx \\ &= \int_{\theta}^{\tilde{\theta}} \int_{a(\tilde{\theta})}^{a(x)} \phi_{a\theta}(a, x) da dx + \int_{\theta}^{\tilde{\theta}} \int_{e(\tilde{\theta})}^{e(x)} \psi_{e\theta}(e, x) de dx\end{aligned}$$

Si $\theta < \tilde{\theta}$, alors $\forall x \in [\theta, \tilde{\theta}]$, $a(\tilde{\theta}) \leq a(x)$ et $e(\tilde{\theta}) \leq e(x)$, d'après les contraintes de sens de variation monotone. Avec H3, il vient,

$$\pi(\theta) - \pi(\tilde{\theta}, \theta) \geq 0$$

De même si $\theta > \tilde{\theta}$. Donc la convention ainsi définie est révélatrice. Ceci termine la démonstration de la proposition 7.

Pour démontrer les résultats de la proposition 8 sur la convention révélatrice optimale, écrivons le nouveau programme que l'A.O. doit résoudre, en utilisant la variable $\pi(\theta)$ au lieu de $t(\theta)$:

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} \left\{ S(p(\theta), a(\theta)) + (1+k) \left(r(p(\theta), a(\theta)) - c(p(\theta), a(\theta), e(\theta)) \right. \right. \\ & \left. \left. (p(.), a(.), e(.), \pi(.)) \quad - \phi(a(\theta), \theta) - \psi(e(\theta), \theta) - \pi(\theta) \right) \right\} f(\theta) d\theta \\ \text{s.t.} \quad & (15), a(.) \text{ et } e(.) \text{ décroissantes,} \\ & \text{et } \pi(\theta) \geq 0, \text{ pour tout } \theta, \\ & a(\theta) \geq 0, e(\theta) \geq 0, p(\theta) \geq 0, D \geq p(\theta), \text{ pour tout } \theta. \end{aligned}$$

On va considérer le programme où les contraintes de sens de variation monotone sont relâchées, où $\pi(.)$ est remplacé par son expression (15) modifiée par intégration par parties, et où la contrainte de profit positif est déjà résolue en $\pi(\bar{\theta}) = \bar{\pi} = 0$, puisque $\pi(\theta)$ est décroissante en θ . On obtient alors:

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} \left\{ S(p(\theta), a(\theta)) + (1+k) \left(r(p(\theta), a(\theta)) - c(p(\theta), a(\theta), e(\theta)) - \phi(a(\theta), \theta) \right. \right. \\ & \left. \left. (p(.), a(.), e(.)) \quad - \xi(\theta) \phi_{\theta}(a(\theta), \theta) - \psi(e(\theta), \theta) - \xi(\theta) \psi_{\theta}(e(\theta), \theta) \right) \right\} f(\theta) d\theta \\ & a(\theta) \geq 0, e(\theta) \geq 0, p(\theta) \geq 0, D \geq p(\theta), \text{ pour tout } \theta. \end{aligned} \quad (A12)$$

Ce programme (A12) est formellement équivalent à (A1) point par point, c'est à dire à θ fixé, si l'on remplace $\phi(a)$ par

$$\left(\phi(a, \theta) + \xi(\theta) \phi_{\theta}(a, \theta) \right) \quad (A13)$$

et $\psi(e)$ par

$$\left(\psi(e, \theta) + \xi(\theta) \psi_{\theta}(e, \theta) \right) \quad (A14)$$

Les hypothèses H3-4 permettent précisément de pousser cette analogie puisque les expressions (A13) et (A14) vérifient les formes correspondantes de H1 et H2. Ainsi, les conditions de premier ordre s'écrivent:

$$0 = g(a) \left[kD + (1+k)h(e) - (1+2k)p \right] + v - \eta$$

$$0 = g'(a) \left[\frac{(D-p)^2}{2} + (1+k)(D-p)(p-h(e)) \right] - (1+k) \left[\phi_a(a, \theta) + \xi(\theta) \phi_{a\theta}(a, \theta) \right] + \alpha$$

$$0 = -(1+k)(D-p)g(a)h'(e) - (1+k)F'(e) - (1+k) \left[\psi_e(e, \theta) + \xi(\theta) \psi_{e\theta}(e, \theta) \right] + \varepsilon$$

et l'on démontre, exactement comme dans la situation d'information parfaite, que la proposition 8 et son corollaire sont valides:

* à tarif donné, le programme est bien concave; les éléments de la matrice Hessiène inverse sont tous négatifs et donc les résultats de statique comparative du corollaire 9 s'en déduisent;

** en optimisant sur le tarif, les conditions du premier ordre correspondantes définissent des solutions intérieures; en un point qui vérifie ces conditions de premier ordre, la Hessiène est définie négative, d'où la quasi-concavité; les éléments de la Hessiène inverse ont le même signe que Q, étudiée dans la situation d'information parfaite; d'où les résultats de statique comparative de la proposition 9.

Notons que la statique comparative en fonction θ implique bien que la solution du programme (A12) est bien aussi la solution du programme plus contraint, écrit précédemment.

La situation mixte

Plaçons nous dans le cadre de la situation mixte où l'exploitant n'a pas d'aversion pour le risque. Le comportement de l'exploitant est donc dicté par la résolution du programme suivant:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{\tilde{\theta}, a, e} \quad & t^*(\tilde{\theta}) + (1+\hat{A}^*(\tilde{\theta})) \left[r(p^*(\tilde{\theta}), a) - r^*(\tilde{\theta}) \right] + r^*(\tilde{\theta}) \\ & - (1+\hat{B}^*(\tilde{\theta})) \left[c(p^*(\tilde{\theta}), a, e) - c^*(\tilde{\theta}) \right] - c^*(\tilde{\theta}) - \phi(a, \theta) - \psi(e, \theta) \end{aligned}$$

Les conditions nécessaires pour une solution intérieure à ce programme sont:

$$\begin{aligned} t^{*,'}(\tilde{\theta}) + \hat{A}^{*,'}(\tilde{\theta}) \left[r(p^*(\tilde{\theta}), a) - r^*(\tilde{\theta}) \right] - \hat{B}^{*,'}(\tilde{\theta}) \left[c(p^*(\tilde{\theta}), a, e) - c^*(\tilde{\theta}) \right] \\ + (1+\hat{A}^*(\tilde{\theta})) \left[r_p(p^*(\tilde{\theta}), a) p^{*,'}(\tilde{\theta}) - r^{*,'}(\tilde{\theta}) \right] + r^{*,'}(\tilde{\theta}) \\ - (1+\hat{B}^*(\tilde{\theta})) \left[c_p(p^*(\tilde{\theta}), a, e) p^{*,'}(\tilde{\theta}) - c^{*,'}(\tilde{\theta}) \right] - c^{*,'}(\tilde{\theta}) = 0 \end{aligned}$$

$$g'(a)(D-p^*(\tilde{\theta})) \left((1+\hat{A}^*(\tilde{\theta}))p^*(\tilde{\theta}) - (1+\hat{B}^*(\tilde{\theta}))h(e) \right) = \phi_a(a, \theta)$$

$$-(1+\hat{B}^*(\tilde{\theta}))(D-p^*(\theta))h'(e)g(a) - (1+\hat{B}^*(\tilde{\theta}))F'(e) = \psi_e(e, \theta)$$

A annonce fixée $\tilde{\theta}$, le programme est concave avec solution intérieure, pour les mêmes raisons que dans la section 3.1 du texte. Nous ne montrerons pas que le programme est globalement quasi-concave en $(\tilde{\theta}, a, e)$ au point $(\theta, a^*(\theta), e^*(\theta))$ car les calculs sont extrêmement lourds; nous admettrons ce dernier point. En conséquence, il suffit de se concentrer sur les conditions de premier ordre.

Pour obtenir la convention optimale de la proposition 8, raisonnons tout d'abord à annonce $\tilde{\theta}=\theta$ fixée, et en omettant les θ . La condition d'optimisation sur e implique que, pour induire l'exploitant à prendre l'effort e^* , il faut que:

$$1 + \hat{B}^* = \psi_e(e^*, \theta) \left(\psi_e(e^*, \theta) + \xi \psi_{e\theta}(e^*, \theta) \right)^{-1}$$

soit:

$$\hat{B}^* = -\xi \psi_{e\theta}(e^*, \theta) \left(\psi_e(e^*, \theta) + \xi \psi_{e\theta}(e^*, \theta) \right)^{-1} \leq 0$$

En réinjectant cette valeur dans la condition de premier ordre relative à a , on obtient la caractérisation nécessaire de $\hat{A}^*$:

$$\begin{aligned} \hat{A}^* &= \frac{D - p^*}{2(1+k)p^*} + \hat{B}^* \frac{h(e^*)}{p^*} - \xi \frac{\phi_{a\theta}(a^*, \theta)}{p^* g'(a^*)(D-p^*)} \\ &\leq \frac{D - p^*}{2(1+k)p^*} \leq \frac{D - \bar{p}}{2(1+k)\bar{p}} = \hat{A} \end{aligned}$$

Il ne reste plus qu'à prouver que la condition nécessaire du premier ordre relative à l'annonce est vérifiée pour $\tilde{\theta}=\theta$, lorsque les coefficients d'intéressement sont $\hat{A}^*(\tilde{\theta})$ et $\hat{B}^*(\tilde{\theta})$ et donc au point $(\theta, a^*(\theta), e^*(\theta))$. En ce point cette condition s'écrit

$$\begin{aligned} t^{*'}(\theta) + (1+\hat{A}^*(\theta)) \left(r_p(p^*(\theta), a)p^{*'}(\theta) - r^{*'}(\theta) \right) + r^{*'}(\theta) \\ - (1+\hat{B}^*(\theta)) \left(c_p(p^*(\theta), a, e)p^{*'}(\theta) - c^{*'}(\theta) \right) - c^{*'}(\theta) = 0 \end{aligned}$$

Or on sait que la contrainte de révélation relative à la situation de sélection pure implique au premier ordre que:

$$t^{*'}(\theta) + r^{*'}(\theta) - c^{*'}(\theta) - \phi_a(a^*, \theta)a^{*'} - \psi_e(e^*, \theta)e^{*'} = 0$$

En utilisant cette propriété, ainsi que l'identité de dérivation totale de $r^*(\theta)$ ou $c^*(\theta)$, la contrainte relative à $\tilde{\theta}$ dans le problème mixte se réécrit:

$$\begin{aligned} & (1+\hat{A}^*(\theta)) \left[-r_a(p^*, a^*, e^*) a^{*'}(\theta) \right] + r^{*'}(\theta) \\ & - (1+\hat{B}^*(\theta)) \left[-c_a(p^*, a^*, e^*) a^{*'}(\theta) - c_e(p^*, a^*, e^*) e^{*'}(\theta) \right] - c^{*'}(\theta) \\ & = -t^{*'}(\theta) \\ & = r^{*'}(\theta) - c^{*'}(\theta) - \phi_a(a^*, \theta)a^{*'}(\theta) - \psi_e(e^*, \theta)e^{*'}(\theta) \end{aligned}$$

c'est à dire

$$\begin{aligned} & \left\{ \phi_a(a^*(\theta), \theta) - (1+\hat{A}^*(\theta))r_a(p^*, a^*, e^*) + (1+\hat{B}^*(\theta))c_a(p^*, a^*, e^*) \right\} a^{*'}(\theta) \\ & + \left\{ \psi_e(e^*(\theta), \theta) + (1+\hat{B}^*(\theta))c_e(p^*, a^*, e^*) \right\} e^{*'}(\theta) = 0 \end{aligned}$$

Il est alors aisé de voir que les termes entre crochets correspondent précisément aux conditions de premier ordre relatives à a et e , et sont donc nuls; il s'ensuit que la condition de révélation de premier ordre est satisfaite et que la convention caractérisée par les coefficients $\hat{A}^*$ et $\hat{B}^*$ induit bien l'exploitant à révéler correctement le paramètre θ et à adopter les efforts $a^*(\theta)$ et $e^*(\theta)$.

ANNEXE III

AJUSTEMENTS ECONOMETRIQUES RETENUS

Nous regroupons ici les 3 ajustements relatifs à l'explication de A et les 5 ajustements représentatifs de l'explication de B. L'échantillon sur lequel sont effectués chacun de ces ajustements a été décrit dans le texte.

Les résultats des tests de significativité sont tous indiqués pour un niveau de 95% et sont fondés sur un test du χ^2 . Le programme utilisé pour tous les ajustements est TSP.

Le modèle économétrique précis est le suivant. Avec $Y=A$ ou B :

$$Y_i = 1 \text{ si } Y_i^* \geq 0 \\ = 0 \text{ si } Y_i^* < 0$$

et la distribution de la variable sous-jacente Y_i^* , conditionnellement aux variables explicatives X_i , est normale de moyenne $X_i \cdot \beta$ et de variance (homoskedasticité) σ^2 . En fait, on n'estime par la méthode du maximum de vraisemblance que les coefficients β/σ .

Le choix de PROBIT est contestable. ON aurait pu aussi considérer un modèle LOGIT de choix discret. Mais il est connu que le PROBIT binaire et le LOGIT binaire donnent des estimations très proches.

Les tests de significativité reposent sur le résultat suivant. Si L_0 est la Logvraisemblance dans l'hypothèse linéaire nulle à k dimensions, et L_1 est la Logvraisemblance dans l'hypothèse alternative, $2(L_1 - L_0)$ suit une loi du χ^2 à k degrés de liberté. Ces tests n'ont pas été portés dans leur détail, mais seulement si le seuil de significativité de 95% était atteint ou non.

Ajustement pour A: n°1

Toutes les variables sont significatives

DEPENDENT VARIABLE: DA

LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION	=	-6.60259
NUMBER OF OBSERVATIONS	=	35
NUMBER OF POSITIVE OBSERVATIONS	=	16
PERCENT POSITIVE OBSERVATIONS	=	0.457143
SUM OF SQUARED RESIDUALS	=	2.22395
R-SQUARED	=	0.743985
PERCENT CORRECT PREDICTIONS	=	0.885714

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic
C	-107.334	54.0280	-1.98664
AN	1.16703	.596881	1.95522
NEW	-5.04184	5.07890	-.992703
CAV	2.09634	1.03827	2.01908
SDC	-15.3580	7.55172	-2.03371
DET	-.864295E-02	.495512E-02	-1.74425

Ajustement pour A: n'2

RAV, TRAV et SDP ne sont pas significatives

DEPENDENT VARIABLE: DA

LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION	=	-6.30671
NUMBER OF OBSERVATIONS	=	35
NUMBER OF POSITIVE OBSERVATIONS	=	16
PERCENT POSITIVE OBSERVATIONS	=	0.457143
SUM OF SQUARED RESIDUALS	=	2.13474
R-SQUARED	=	0.754241
PERCENT CORRECT PREDICTIONS	=	0.857143

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic
C	-154.391	119.577	-1.29114
AN	1.69658	1.33452	1.27130
NEW	-6.17766	21.7217	-.284400
RAV	.050844	.680721	.074691
TRAV	6.11733	8.87273	.689453
CAV	2.68955	1.78845	1.50385
SDP	5.19140	15.3105	.339075
SDC	-21.4411	14.9603	-1.43321
DET	-.012545	.978905E-02	-1.28157

Ajustement pour A: n°3

Toutes les variables sont significatives. Par contre, si elles sont adjointes, POP et TVT ne sont pas significatives.

DEPENDENT VARIABLE: DA

LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION =	-3.48968
NUMBER OF OBSERVATIONS =	35
NUMBER OF POSITIVE OBSERVATIONS =	16
PERCENT POSITIVE OBSERVATIONS =	0.457143
SUM OF SQUARED RESIDUALS =	1.22191
R-SQUARED =	0.859473
PERCENT CORRECT PREDICTIONS =	0.942857

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic
C	-477.436	390.188	-1.22361
AN	5.47256	4.50269	1.21540
NEW	-18.9674	16.1905	-1.17151
RAV	2.23902	1.27360	1.75802
TRAV	-34.4413	27.7896	-1.23936
TCAV	125.178	103.548	1.20889
DET	-.624831E-02	.445457E-02	-1.40267

Ajustement pour B: n°1

Les variables CGE, RAV, CAV, TRAV et SDC ne sont pas significatives (à comparer avec l'ajustement 2). Les autres variables sont significatives.

LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION	=	-9.28174
NUMBER OF OBSERVATIONS	=	39
NUMBER OF POSITIVE OBSERVATIONS	=	20
PERCENT POSITIVE OBSERVATIONS	=	0.512821
SUM OF SQUARED RESIDUALS	=	3.06137
R-SQUARED	=	0.685818
PERCENT CORRECT PREDICTIONS	=	0.871795

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic
C	-108.767	122.180	-.890217
AN	1.14446	1.29653	.882708
NEW	4.72260	5.19822	.908503
POP	.011850	.010703	1.10716
GTI	2.67419	2.93059	.912509
CGE	-4.23393	4.77111	-.887409
RAV	1.40220	2.36192	.593668
CAV	-1.01513	1.66286	-.610471
TRAV	-10.9694	9.45940	-1.15963
TCAV	47.5537	55.4658	.857352
SDP	45.2428	53.9480	.838638
SDC	7.40057	8.11375	.912103
DET	-.011126	.010646	-1.04506

Ajustement pour B: n'2

Toutes significatives.

DEPENDENT VARIABLE: BNDC

LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION =	-12.5256
NUMBER OF OBSERVATIONS =	39
NUMBER OF POSITIVE OBSERVATIONS =	20
PERCENT POSITIVE OBSERVATIONS =	0.512821
SUM OF SQUARED RESIDUALS =	4.20878
R-SQUARED =	0.568934
PERCENT CORRECT PREDICTIONS =	0.846154

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic
C	-22.1951	12.6737	-1.75127
AN	.227506	.147212	1.54543
NEW	1.71221	1.19429	1.43366
POP	.535014E-02	.283914E-02	1.88442
GTI	1.40038	.699874	2.00090
TCAV	7.60177	5.41403	1.40409
SDP	12.0051	7.27628	1.64989
DET	-.573609E-02	.264776E-02	-2.16639
DETPH	.539215	.275804	1.95506

Ajustement pour B: n'3

Toutes significatives.

DEPENDENT VARIABLE: BNCDC

LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION =	-9.66989
NUMBER OF OBSERVATIONS =	39
NUMBER OF POSITIVE OBSERVATIONS =	20
PERCENT POSITIVE OBSERVATIONS =	0.512821
SUM OF SQUARED RESIDUALS =	3.28394
R-SQUARED =	0.663236
PERCENT CORRECT PREDICTIONS =	0.871795

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic
C	-31.0711	18.6210	-1.66861
AN	.302129	.202823	1.48962
NEW	2.76961	1.70656	1.62291
NEWTC	31.9253	16.4578	1.93983
POP	.011168	.618673E-02	1.80522
GTI	2.01523	1.09350	1.84292
TCAV	10.5789	9.99074	1.05887
SDP	26.0322	14.7535	1.76447
DET	-.012507	.648746E-02	-1.92791
DETPH	1.29651	.728607	1.77944

Ajustement pour B: n°4

Dans 4 et 5, NEW, POP, GTI, TVT sont fortement significatives. TRAV est d'une significativité limitée. On ne peut rejeter que C, AN, CGE et TCAV soient toutes nulles. SDC, SDP DET, CAV et DETPH sont par contre clairement non significatives

DEPENDENT VARIABLE: BNCDC

LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION = -6.79508
 NUMBER OF OBSERVATIONS = 39
 NUMBER OF POSITIVE OBSERVATIONS = 20
 PERCENT POSITIVE OBSERVATIONS = 0.512821
 SUM OF SQUARED RESIDUALS = 2.41528
 R-SQUARED = 0.752377
 PERCENT CORRECT PREDICTIONS = 0.871795

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic
C	-83.5463	74.2026	-1.12592
AN	1.02239	.902424	1.13294
NEW	7.24488	4.65199	1.55737
POP	.022448	.014689	1.52813
GTI	15.0147	10.4287	1.43974
CGE	6.72222	5.42562	1.23898
RAV	.596839	.449247	1.32853
TRAV	-34.0720	27.5320	-1.23754
TCAV	47.2908	38.3868	1.23195
TVT	-27.4277	18.8852	-1.45234

Ajustement pour B: n°5

cf ajustement 4.

DEPENDENT VARIABLE: BNCDC

LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION =	-8.62152
NUMBER OF OBSERVATIONS =	39
NUMBER OF POSITIVE OBSERVATIONS =	20
PERCENT POSITIVE OBSERVATIONS =	0.512821
SUM OF SQUARED RESIDUALS =	2.75566
R-SQUARED =	0.717189
PERCENT CORRECT PREDICTIONS =	0.871795

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic
C	-13.1737	15.2839	-.861934
AN	.167842	.180470	.930024
NEW	2.92552	1.17939	2.48053
POP	.010503	.592384E-02	1.77296
GTI	5.11264	2.79096	1.83186
CGE	.795579	1.31213	.606328
RAV	.569527	.324135	1.75707
TCAV	10.8456	6.71898	1.61417
TVT	-10.9151	6.41725	-1.70091