

2002RP-17

**Partage des coûts et tarification
des infrastructures
Enjeux, problématique et pertinence
du partage efficace des coûts**

Marcel Boyer, Michel Moreaux, Michel Truchon

Rapport de projet
Project report

Montréal
Novembre 2002
Révisé en juin 2003

© 2002 Marcel Boyer, Michel Moreaux, Michel Truchon. Tous droits réservés. *All rights reserved.*
Reproduction partielle permise avec citation du document source, incluant la notice ©.
Short sections may be quoted without explicit permission, if full credit, including © notice, is given to the source

CIRANO

Le CIRANO est un organisme sans but lucratif constitué en vertu de la Loi des compagnies du Québec. Le financement de son infrastructure et de ses activités de recherche provient des cotisations de ses organisations-membres, d'une subvention d'infrastructure du ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, de même que des subventions et mandats obtenus par ses équipes de recherche.

CIRANO is a private non-profit organization incorporated under the Québec Companies Act. Its infrastructure and research activities are funded through fees paid by member organizations, an infrastructure grant from the Ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, and grants and research mandates obtained by its research teams.

Les organisations-partenaires / The Partner Organizations

- École des Hautes Études Commerciales
- École Polytechnique de Montréal
- Université Concordia
- Université de Montréal
- Université du Québec à Montréal
- Université Laval
- Université McGill
- Ministère des Finances du Québec
- MRST
- Alcan inc.
- AXA Canada
- Banque du Canada
- Banque Laurentienne du Canada
- Banque Nationale du Canada
- Banque Royale du Canada
- Bell Canada
- Bombardier
- Bourse de Montréal
- Développement des ressources humaines Canada (DRHC)
- Fédération des caisses Desjardins du Québec
- Hydro-Québec
- Industrie Canada
- Pratt & Whitney Canada Inc.
- Raymond Chabot Grant Thornton
- Ville de Montréal

Partage des coûts et tarification des infrastructures

Enjeux, problématique et pertinence du partage efficace des coûts*

Marcel Boyer[†], Michel Moreaux[‡], Michel Truchon[§]

Résumé

La plupart des organisations, sinon toutes, répartissent d'une manière ou d'une autre des coûts communs entre leurs diverses composantes ou encore entre leurs différents partenaires. Ces problèmes de partage de coûts communs se posent avec de plus en plus d'acuité car les règles de partage de coûts communs sont des facteurs importants de compétitivité et de performance. Bien que leur analyse scientifique explicite soit déjà relativement avancée, leur application au sein des organisations (entreprises, alliances ou réseaux d'entreprises, gouvernements) reste relativement embryonnaire et souvent tributaire d'une approche historique ad hoc, plutôt que rationnellement choisie pour maximiser la performance et la valeur de l'organisation.

Nous croyons que les organisations, entendues au sens large, auraient intérêt à investir des ressources dans l'apprentissage de méthodes de partage de coûts communs plus rigoureuses, plus efficaces, plus équitables et plus incitatives que celles couramment utilisées. Nous insistons sur l'importance de cet investissement dans un contexte économique où le développement d'infrastructures communes, tant privées que publiques, est omniprésent et conditionne les gains d'efficacité, devenus eux-mêmes la véritable pierre angulaire de la compétitivité.

Nous présentons brièvement certaines méthodes de partage de coûts (Shapley-Shubik, nucléole, règle séquentielle, ECPR, Ramsey-Boiteux, GPC). L'étude de ces méthodes, susceptibles de mieux "valoriser" les infrastructures communes, est poursuivie plus en profondeur dans les autres documents de la présente série. Nous montrons enfin comment ces méthodes ont été ou pourraient être appliquées à neuf problèmes représentatifs d'un ensemble beaucoup plus vaste d'applications possibles.

Mots clés : Partage des coûts, tarification, infrastructures, incitations, compétitivité, performance.

* Cette version du rapport a été remise au Ministère des Finances du Québec (MFQ) dans le cadre d'un partenariat de recherche entre le MFQ et le CIRANO. Les auteurs tiennent à remercier le Ministère pour son soutien financier. Il va de soi qu'ils sont les seuls responsables des opinions et analyses contenues dans ce document, qui ne représentent pas nécessairement celles du CIRANO ou du MFQ. Les auteurs acceptent également la responsabilité de toute erreur qui aurait pu se glisser dans le texte.

[†] CIRANO et Département de sciences économiques, Université de Montréal; **auteur principal**

[‡] LEERNA, IDEI, IUF, Université de Toulouse I

[§] CIRANO, CIRPÉE et Département d'économie, Université Laval

Table des matières

1	Introduction	1
	L'acuité du partage efficace des coûts	1
	Le contexte de la "nouvelle économie"	2
	Les structures d'information	3
	Les mécanismes de motivation et de coordination	4
	Le choix d'une méthode sur la base de ses propriétés	5
	L'effort de liaison et de transfert	7
	Les questions préalables	8
2	Exemples concrets	9
2.1	Les droits d'atterrissage	11
2.2	Réseaux de télécommunications	15
2.3	Réseaux de voies ferrées	17
2.4	Détermination des conditions et des prix d'accès aux réseaux	18
2.5	L'approvisionnement en eau potable	22
2.6	Les poteaux et les tours de diffusion et de communications	25
2.7	Les systèmes urbains souterrains	26
2.8	Voie maritime	30
2.9	La construction d'un barrage multi-objectifs	32
3	Conclusion	35
	Références	36
	Liste des documents CIRANO sur le partage des coûts	37

1 Introduction

La plupart des organisations, sinon toutes, répartissent d'une manière ou d'une autre des coûts communs entre leurs diverses composantes ou encore entre leurs différents partenaires :

- Les entreprises manufacturières allouent leurs frais généraux entre les produits qu'elles fabriquent ou encore entre leurs différentes divisions, en partie pour fin de tarification des biens en question et en partie pour fin de contrôle des divisions.
- Les entreprises de télécommunications allouent leurs coûts d'infrastructure entre les différents types d'appels ou de communications (tarification).
- Les organismes de réglementation imposent certaines règles de partage des coûts d'infrastructure entre les services et les classes d'utilisateurs (découplage ou *unbundling*). Pour maintenir une certaine concurrence entre plusieurs fournisseurs de services, ces organismes seront de plus en plus appelés à régir les conditions et les prix d'accès aux infrastructures de réseau, infrastructures qui le plus souvent seront la propriété d'une seule entreprise, elle-même utilisatrice du réseau. En d'autres termes, elles seront amenées à préciser les règles de partage des coûts de ces infrastructures entre ceux qui les utilisent.
- Les autorités gouvernementales responsables des infrastructures publiques doivent déterminer de manière explicite ou implicite le partage des coûts de ces infrastructures entre différents types d'utilisateur soit par la taxation générale ou spécifique soit par la tarification directe. Ces autorités allouent également les coûts des produits et des services publics qu'elles offrent entre différents types d'utilisateurs ou de résidents en partie par la taxation et en partie par une tarification directe.
- Des consortiums d'entreprises allouent entre elles les coûts de fournitures et de service commun (couverture de frais de R&D, infrastructure).

L'acuité du partage efficace des coûts

Ces problèmes de partage de coûts communs se posent avec de plus en plus d'acuité pour diverses raisons. Les divers types de réseaux de communication et de transport tiennent une place de plus en plus importante dans nos sociétés. Certains réseaux, par exemple les chemins de fer ou les canaux, sont en relative régression. D'autres au contraire, tels les réseaux de communication, connaissent un développement accéléré. Au total cependant, les industries de réseau et les systèmes lourds d'infrastructures partagées ont tendance à prendre une place de plus en plus grande dans les sociétés développées.

Parallèlement à cet aspect plus technologique du développement de nos sociétés, il y a un aspect organisationnel stratégique qui est certainement aussi fondamental. De nombreuses grandes entreprises privées, de nombreux organismes publics à différents échelons de gouvernement, s'interrogent sur l'opportunité d'une plus grande décentralisation, sur l'intérêt qu'ils ont à conserver telle ou telle activité plutôt que l'impartir ou la sous-traiter. La responsabilisation de certaines divisions ou services et la constitution de partenariats qui abaisseraient les coûts apparaissent alors comme des décisions stratégiques. La rentabilité de l'entreprise, la performance de l'organisme public, le succès du partenariat recherché dépendent souvent de la "qualité" des règles de partage des coûts communs mises en place. La caractéristique principale de ces allocations ou partages fait en sorte que les coûts (ou prix), que chacune des divisions ou chacun des partenaires est appelé à couvrir, ne sont pas déterminés par des marchés libres et anonymes mais plutôt par des règles administratives et des accords mutuels explicites.

De manière générale, le problème de l'allocation des coûts communs constitue un "jeu" entre des partenaires (divisions d'une même entreprise ou entreprises autonomes) dont les activités génèrent ces coûts communs. La théorie des jeux coopératifs est une approche conceptuelle qui débouche sur un ensemble d'outils analytiques rigoureux et systématiques permettant de mieux cerner et comprendre les enjeux considérables des règles de partage et proposant des solutions spécifiques efficaces aux problèmes de design et d'implantation d'une règle appropriée au contexte considéré. Ces outils restent encore trop souvent ignorés des entreprises et des organisations, aux prises avec ces problèmes complexes de partage de coûts. L'objectif de ce rapport et des rapports connexes (voir la liste en annexe) est de rendre ces outils plus accessibles, d'en démontrer la puissance en termes d'analyse et de résolution des conflits et de les appliquer (avec les développements spécifiques nécessaires) à des cas concrets.

Le contexte de la "nouvelle économie"

L'analyse du partage des coûts communs s'insère dans un contexte plus large de recherche de modes d'organisation efficaces, qui prend en compte l'évolution de l'environnement interne et externe (technologie, concurrence) des entreprises et des organisations et justifie de consacrer des efforts importants à la recherche de règles adéquates de partage des coûts communs. Dans plusieurs contextes, la compétitivité et la performance de l'entreprise ou de l'organisation dépendent, pour une part non négligeable, de la qualité des règles de partage des coûts communs ou des bénéfices à la coopération. D'où l'importance d'une réflexion sérieuse sur les règles de partage des coûts et leurs propriétés.

L'accélération des innovations et l'ouverture généralisée (globalisation) des marchés ont déjà eu et auront des répercussions importantes pour toutes les organisations, qu'il s'agisse des entreprises privées ou des entreprises et organisations publiques et parapubliques. Le décloisonnement des économies nationales, sous la pression des nouvelles technologies de communication et de production, permettront à plusieurs entreprises nationales d'avoir accès à des marchés étrangers de grande envergure, précédemment réservés aux entreprises des pays concernés, et augmenteront la concurrence des entreprises étrangères sur les marchés nationaux précédemment protégés. Ces développements favorisent les alliances entre entreprises, dont l'émergence et la performance dépendent des règles de partage des coûts communs ou des bénéfices communs que ces alliances génèrent.

Les structures d'information

Dans toute entreprise, la prise de décision doit s'appuyer sur la meilleure information possible. De manière générale, cette information est dispersée, plusieurs agents de l'organisation en détenant chacun une partie. Ces agents possèdent donc une information dite privée qui peut affecter la qualité de la décision à prendre. Les situations où l'information sur les "états du système" fait relativement défaut aux supérieurs, par rapport aux équipes sur le front (en contact direct avec les marchés ou présentes au niveau de la production elle-même), deviennent omniprésentes. Cette déficience de l'information porte autant sur la connaissance des marchés et sur les possibilités de production que sur l'observation des "efforts" souhaitables ou nécessaires des équipes. La reconnaissance du fait que l'information au sein d'une organisation est essentiellement fragmentée, imparfaite, incomplète et privée (détenue par les membres individuels à divers niveaux) et que la transmission de cette information implique des coûts non négligeables, est un élément important de toute réflexion sur les modes efficaces d'organisation, entre autres sur les règles de partage des coûts. La détermination de mécanismes adéquats, fiables et efficaces (incitatifs) de transmission et d'utilisation de l'information au sein d'une organisation doit être un des soucis majeurs de la direction supérieure de toute organisation. La négligence de ces caractéristiques et de ces phénomènes est en réalité une des causes majeures d'inefficacité organisationnelle, susceptible de mener à brève échéance à la décroissance voire à la fermeture de l'entreprise, à la disparition de l'organisation ou encore à l'abandon d'un projet par ailleurs rentable.

Les mécanismes de motivation et de coordination

Ainsi, l'efficacité et la rentabilité de l'entreprise et la performance d'une organisation sont le résultat des mécanismes de motivation et de coordination des efforts et activités des travailleurs et gestionnaires de l'entreprise et ce, à tous les niveaux hiérarchiques. Les règles de partage des coûts sont, au premier chef, des mécanismes de coordination et de motivation. S'il est facile d'énoncer ce défi organisationnel, sa concrétisation dans l'organisation l'est beaucoup moins.

Les aspects incitatifs des règles de partage des coûts communs proviennent des asymétries d'information dans les organisations. Deux classes de problème doivent ainsi être prises en compte. Dans certains cas, la réalisation d'un projet dépend de la valeur qu'y attachent les différents partenaires éventuellement appelés à en financer le coût. Lorsque la valeur du projet pour un partenaire donné est une information privée de ce partenaire, ce dernier peut vouloir biaiser à la hausse ou à la baisse la véritable valeur du projet pour lui, en particulier si la règle du partage des coûts fait intervenir cette valeur. Ainsi, dans le cadre de la formation d'un consortium de recherche et développement, dont les résultats seront disponibles à l'ensemble des partenaires, ces derniers pourraient avoir intérêt à biaiser vers le bas la valeur de ces résultats, dans la mesure où leurs contributions respectives seront fonction de la valeur déclarée des résultats pour chacun d'eux. Ce biais à la baisse pourrait, dans certains cas, mettre en péril la réalisation d'un projet rentable. Afin d'éviter ce genre de situation, la règle de partage des coûts doit être conçue de manière à ce que chaque partenaire ait intérêt à révéler la véritable valeur qu'il attache au projet.

Considérons le cas d'un projet conjoint (public ou privé) à N partenaires. Chaque partenaire attache aux différentes variantes du projet une valeur différente dont le niveau est une information privée. Le projet devrait être réalisé si et seulement si la valeur totale véritable qu'y attachent les partenaires est supérieure au coût total du projet. Une règle de partage des coûts est dite "efficace" si elle aboutit à la réalisation d'un projet si et seulement si sa valeur totale véritable est supérieure à son coût. La fonction de coût associe un coût monétaire à la réalisation de chaque variante du projet (ou chaque partie ou portion du projet). Une règle de partage des coûts détermine, pour chaque variante, la contribution de chaque agent et elle est dite "équilibrée" si et seulement si le coût total du projet est exactement couvert par ces contributions, sans déficit ni surplus. Le bénéfice net de chaque partenaire dépend ainsi de la variante réalisée, de la valeur pour lui de cette variante et du coût qui lui est assigné. Une règle de partage des coûts est dite "motivante" si et seulement si chaque agent a intérêt à révéler la véritable valeur qu'il attache à chaque variante du projet et ce, quelles que soient les valeurs que les autres partenaires attachent au projet.

Un des résultats les plus importants de la littérature scientifique sur les règles de partage des coûts veut qu'il peut, dans certains cas, n'exister aucune règle efficace, équilibrée et motivante. Mais, pour un ensemble important de problèmes concrets, de telles règles de partage des coûts existent. De manière générale, ces règles veulent que chaque partenaire contribue un montant égal à ce que vaut pour lui sa participation au projet (montant de coût épargné par rapport à faire cavalier seul) moins un pourcentage de l'économie globale de coût que permet le regroupement des partenaires. Ainsi, ces règles dissocient la valeur du projet pour un partenaire donné du coût que ce partenaire devra assumer.

De manière générale, les règles efficaces de partage des coûts communs sont liées aux structures d'information (comportement des partenaires) et à la structure de l'organisation, en particulier au cadre incitatif auquel les partenaires au projet font face. Ces règles de partage des coûts communs ont un effet sur les coûts d'agence dans une organisation. Considérons par exemple une organisation dans laquelle l'évaluation des responsables de centres de décision (centres de coût, centres de profit) sont évalués par leurs supérieurs hiérarchiques et sont rémunérés en fonction de cette évaluation. Si les responsables de centres de décision valorisent non seulement leur salaire et bonis mais également leurs bénéfices accessoires ("perks"), alors ils auront tendance à surconsommer ces accessoires au-delà de leur rentabilité maximale, dans la mesure où cette surconsommation est difficilement observable. Afin de contrecarrer ce comportement, la direction générale peut vouloir allouer les coûts communs de la hiérarchie en taxant les responsables de centres de décision par l'intermédiaire d'une règle de partage des coûts communs à l'ensemble des centres de décisions. Selon les caractéristiques de la règle de partage retenue (taxe forfaitaire plutôt qu'une taxe sur les profits respectifs des centres), la consommation d'accessoires peut effectivement diminuer. Une telle approche peut aussi permettre de générer une plus grande efficacité au niveau de la hiérarchie, car les responsables de centres de décision, sous la gouverne d'un supérieur hiérarchique, auront alors intérêt à surveiller les efforts que fournit ce supérieur hiérarchique pour minimiser les coûts communs.

Le choix d'une méthode sur la base de ses propriétés

Le choix d'une méthode de partage de coûts devrait se faire sur la base de ses propriétés par rapport aux propriétés des méthodes alternatives. Dans notre rapport sur les propriétés

des méthodes (Boyer, Moreaux et Truchon -BMT- 2002b)¹, nous présentons les différentes propriétés de chacune des principales méthodes contenues dans notre survol (BMT 2002a).

Il est en général contre-indiqué de choisir une méthode sur la simple base d'un seul ou même de quelques exemples, comme le font traditionnellement les organisations ou consortiums, à la suite de longues et souvent difficiles négociations entre les parties, chacune d'elles privilégiant évidemment la méthode qui lui est le plus favorable. Il est beaucoup plus simple et logique d'identifier une méthode parmi l'ensemble des méthodes possibles sur la base des propriétés de ces méthodes, avant même de connaître les résultats qu'elles peuvent donner dans des applications concrètes précises. Dans notre rapport sur les propriétés (BMT 2002b), nous avons énoncé un certain nombre de propriétés ou caractéristiques que les partenaires à un consortium pourraient souhaiter pour une méthode de répartition, en particulier au niveau de la cohérence et de l'équité. Les propriétés des méthodes peuvent être regroupées en cinq catégories et résumées ainsi :

a) Invariance aux échelles

- la répartition de coûts ne devrait pas être affectée par une transformation des échelles (par exemple un remplacement des Km par des mètres ou un changement d'unité monétaire)

b) Traitement égalitaire des équivalents

- les contributions relatives aux coûts totaux des différentes entités devraient aller dans le sens de leurs coûts de faire cavalier seul.
- si deux entités ont des coûts de faire cavalier seul identiques, elles devraient se voir imputer la même part des coûts totaux du regroupement.
- si les biens sont homogènes et si deux entités demandent les même quantités, elles devraient se voir imputer la même part des coûts totaux.

c) Le principe séquentiel

- la contribution d'une entité ne devrait pas être affectée par l'ampleur des demandes plus grandes que la sienne. En d'autres termes, une entité ne devrait pas subir les externalités associées à ces plus grandes demandes, ou en profiter selon le cas.
- de façon plus générale, la contribution d'une entité ne devrait pas être affectée par l'ampleur des demandes des entités dont la contribution est plus élevée que la sienne.

¹Voir la liste de nos documents CIRANO sur le partage des coûts et la tarification des infrastructures, présentée en annexe.

d) Traitement des agents négligeables

- si une entité a une demande nulle, la contribution des autres ne devrait pas dépendre de la présence ou non de cette entité dans le problème de partage.
- s’il est possible de fournir une quantité ou une liste de paramètres identique à q_i à toutes les entités à un coût nul, l’entité i ne devrait pas avoir à payer quoi que ce soit et les parts des autres devraient être établies en fonction de leur demande, ajoutée à celle de l’entité i .
- si une entité est essentiellement négligeable, i.e. si l’ajout de sa demande à celles de n’importe quel autre sous-ensemble d’entités entraîne une augmentation de coûts égale à son coût de faire cavalier seul, alors sa contribution aux coûts devrait se résumer à son coût de faire cavalier seul.

e) Monotonie

- les parts des entités ne devrait jamais décroître par rapport à leurs demandes.
- si les coûts devaient s’avérer plus élevés, quelle que soit l’ampleur du projet ou les niveaux de production à réaliser, alors les parts des coûts imputées aux différentes entités ne devraient pas diminuer.

Nous avons indiqué dans un tableau récapitulatif de notre rapport sur les propriétés (BMT 2002b), quelles méthodes satisfont chacune de ces propriétés. Dans certains cas, une seule méthode satisfait un sous-ensemble donné de propriétés.

L’effort de liaison et de transfert

Les règles de partage des coûts communs et des bénéfices à la coopération sont des facteurs importants de compétitivité et de performance. Bien que leur analyse scientifique explicite soit déjà relativement avancée, leur application au sein des organisations (entreprises, alliances ou réseaux d’entreprises, gouvernements) reste relativement embryonnaire et souvent tributaire d’une approche historique ad hoc, plutôt que rationnellement choisie pour maximiser la performance et la valeur de l’organisation. Il faut reconnaître que l’analyse des règles de partage des coûts communs exige une certaine dose de mathématiques. Il est important, par ailleurs, de préciser que ces mathématiques ne servent qu’à traduire, dans un langage rigoureux et programmable, les contraintes institutionnelles et les objectifs que doit satisfaire ou rencontrer la règle de partage recherchée.

On peut raisonnablement anticiper que les règles explicites de partage, fondées sur une meilleure compréhension des enjeux organisationnels, deviendront des facteurs stratégiques de plus en plus importants, à mesure que ces règles, leurs fondements et leurs propriétés, se-

ront mieux comprises et que leur implantation sera facilitée grâce à l'avènement de dirigeants et partenaires de consortium mieux informés, s'appuyant sur des systèmes d'information de gestion et des systèmes de traitement de l'information plus performants. Or, ce sont là deux développements majeurs de la présente "révolution des technologies de l'information" qui permettront aux économistes mathématiciens d'être complémentaires aux avocats, ingénieurs et relationnistes dans la négociation du partage des coûts.

Nous présentons succinctement dans ce document trois méthodes rigoureuses de partage des coûts communs, à savoir

- la méthode Shapley-Shubik
- la méthode du nucléole
- la méthode de répartition séquentielle ou sérielle

La méthode Shapley-Shubik et la méthode du nucléole sont toutes deux issues de la théorie des jeux coopératif² alors que la méthode de répartition séquentielle ou sérielle procède du design de mécanismes. Nous présentons les deux premières dans le cadre de la détermination des droits d'atterrissage (sous-section 2.1) et la troisième dans le cadre du partage des coûts des systèmes urbains sous-terrains (sous-section 2.7). Le lecteur intéressé par une présentation plus complète de l'ensemble des méthodes pourra se référer à notre survol (BMT 2002a).

Nous présentons également trois règles de partage des coûts communs d'un réseau, plus communément appelées règles d'accès aux éléments essentiels d'un réseau, à savoir

- la règle de l'*Efficient Component Pricing Rule*
- la règle de tarification à la Ramsey-Boiteux
- la règle du *Global Price Cap*

Les règles de partage des coûts communs d'un réseau sont présentées dans la sous-section 2.4.

Les questions préalables

Toute application rigoureuse des théories et méthodes présentées ici exige au préalable que l'on réponde à trois ensembles de questions :

- a) D'abord, quels sont les objets pertinents de la fonction de coût ? Ces objets peuvent être des personnes, des atterrissages d'avions, les missions d'un organisme, des municipalités, des entreprises, des passages de bateaux, des canalisations urbaines, des types de transmissions de signaux, etc.

²Voir BMT (2002d), notre document sur les principaux concepts de solution des jeux de coûts.

- b) Ensuite, quelles sont les informations dont on dispose ou dont on pourrait raisonnablement disposer ? De toute évidence, nous ne pouvons pratiquement jamais compter sur toute l'information désirée. Il faut alors formaliser le problème à résoudre, en fonction de l'information actuelle ou potentielle, par une modélisation à deux ou plusieurs niveaux d'agrégation. Dans les situations où le niveau de la demande ou la taille du projet est variable et dépend possiblement de la répartition des coûts, il faut évidemment en tenir compte dans la modélisation. Dans ces situations, on peut vouloir considérer plusieurs tailles différentes du projet ou bien s'en remettre à une tarification efficace (à la Ramsey-Boiteux), lorsque réalisable. Par contre, cette tarification ne satisfait pas toujours la contrainte institutionnelle qu'imposerait le droit de participation ou de retrait volontaire.
- c) Finalement, quels sont les objectifs et contraintes que doit rencontrer et satisfaire la règle de partage des coûts ? Ces objectifs ou contraintes porteront sur l'efficacité, l'équité, les incitations, la participation volontaire, le droit de retrait général ou limité, etc. Ces objectifs et contraintes sont interreliés et leur représentation précise dépend du contexte considéré. Ainsi, les contraintes de participation volontaire et du droit de retrait général seront particulièrement effectives lorsque les partenaires sont des entités indépendantes (entreprises, municipalités) mais le seront moins lorsque les partenaires sont des divisions d'une entreprise ou encore des municipalités "fusionnées" obligées de se concerter et de coopérer par la réglementation d'un gouvernement supérieur.

L'analyse rigoureuse des règles de partage des coûts et la diversité de ces règles montrent bien qu'il n'y a pas une règle universellement appropriée, qui pourrait être appliquée dans toute situation. Par contre, une bonne compréhension de la nature et des propriétés des diverses règles peut faciliter la coordination des partenaires dans l'acceptation d'un ensemble restreint de règles de partage, dont l'application au problème à résoudre permettra de réduire sensiblement les conflits explicites ou implicites lors de la négociation. Ainsi, les règles de partage des coûts, dont nous traitons ici, doivent être perçues comme des outils puissants capables de faciliter les négociations entre les parties.

2 Exemples concrets

Dans notre survol (BMT 2002a), nous présentons un certain nombre de règles ou méthodes de répartition des coûts, illustrées à l'aide d'un exemple fictif de gazoduc. Dans le présent document, nous présentons quelques exemples concrets de problèmes de partage de

coûts. Certaines des méthodes présentées dans notre survol ont été appliquées à ces problèmes. Nous décrivons brièvement ces applications. Pour les autres, nous nous bornons simplement à exposer le problème à résoudre, en insistant sur les aspects qui justifieraient l'application des méthodes présentées dans notre survol.

Typiquement, un problème de partage de coût est formalisé comme suit. Soit N un ensemble d'agents autonomes qui ont chacun un *projet* à réaliser. On peut voir N comme l'ensemble des projets eux-mêmes. Ces projets peuvent être de natures très diverses. Le cas le plus simple est celui dans lequel les projets des agents sont soit des quantités d'un même bien privé, soit des ensembles de quantités de biens différents dont ils veulent disposer. Chaque projet peut être au contraire un bien public que différentes autorités veulent mettre à la disposition de leurs administrés. Considérons par exemple les municipalités (ou arrondissements) d'une même communauté urbaine qui veulent, chacune, équiper leur territoire d'un éclairage public. Pour chaque municipalité i , un projet est un plan qui définit, pour chaque voie ou chaque portion de voie du territoire qu'elle administre, un certain niveau d'intensité de l'éclairage à mettre en place.

Comme autre exemple, considérons des villes situées au bord d'un même lac. Pour préserver la qualité des eaux du lac, chaque ville est dans l'obligation légale de traiter les eaux usées des ménages et des entreprises implantés sur son territoire : le projet de la ville i est un système de collecte et de traitement des eaux usées avant rejet dans le lac.

Toute partie S de N est un sous-ensemble des projets à réaliser de façon coordonnée, c'est-à-dire de façon à minimiser le coût total de réalisation des projets en question ; $c(S)$ ou c_S s'interprète comme ce coût total minimisé. La formalisation est en termes de coûts. La seule caractéristique d'un projet ou d'un ensemble de projets à réaliser est son coût plutôt que ses caractéristiques physiques. Le même projet peut avoir des caractéristiques physiques identiques mais des coûts de réalisation différents pour deux agents : ces agents peuvent être à même d'exercer des pressions différentes sur leurs fournisseurs qui leur accorderont des conditions de vente différentes. Si les agents sont des entreprises, elles peuvent également bénéficier, pour la réalisation de ces projets, de compétences qui leur sont propres et qui diffèrent d'une entreprise à l'autre. Pour les mêmes raisons, deux groupes d'agents qui, chacun, réalisent un ensemble de projets physiquement identiques, peuvent avoir à supporter des coûts différents. Inversement, deux projets différents peuvent avoir des coûts identiques. Ce qui importe, ce n'est pas la différence physique des projets mais la similitude ou la dissemblance de leurs coûts.

2.1 Les droits d'atterrissage

Les services publics doivent de plus en plus souvent s'autofinancer. C'est le cas des aéroports au Canada. Ainsi, les droits d'atterrissage sont établis ou devraient l'être de manière à récupérer les coûts de capital, d'entretien et d'opération des pistes d'atterrissage et des autres équipements nécessaires au mouvement des avions. Les pistes sont utilisées par une grande variété d'avions, allant des monoplaces de tourisme aux transporteurs géants. Elles doivent être conçues de manière à pouvoir accommoder toutes les tailles d'avion que les autorités de l'aéroport veulent ou doivent desservir. Il serait plutôt inéquitable d'imposer les mêmes droits aux petits et aux gros avions. On risquerait tout simplement de chasser les premiers des aéroports.

Le problème de la détermination des droits d'atterrissage, en fonction de la taille des avions, compte sans doute parmi les premières applications des méthodes inspirées de la théorie des jeux coopératifs à la répartition des coûts. Les coûts liés aux frais d'atterrissage sont composés de deux parties : une partie variable, fonction du nombre d'atterrissages et de la taille des avions, et un coût fixe provenant des coûts de construction des pistes et de l'aérogare, qui doit être amorti sur un certain nombre d'années. La dimension et la résistance des pistes et des autres équipements fixes d'un aéroport est généralement déterminée par la taille du plus gros avion qu'on va devoir accommoder.

Les droits d'atterrissage devraient comprendre les coûts variables et une partie des coûts fixes. La partie qui pose problème est celle des coûts fixes. Ces droits devraient tenir compte des exigences des différents types d'avion. En effet, les droits d'atterrissage d'un gros porteur et d'un petit porteur devraient être différents. Mais quelle formule devrait-on utiliser pour calculer les droits à demander aux différents avions ? C'est ici que les méthodes présentées dans le survol peuvent être utiles. À titre d'illustrations, nous présentons brièvement deux méthodes empruntées à la théorie des jeux coopératifs, à savoir la méthode Shapley-Shubik et celle du nucléole, qui ont été appliquées à ce problème.

La règle Shapley-Shubik. Supposons qu'on ordonne les N partenaires d'une certaine façon et qu'on fasse payer au premier le coût entier de ses besoins, en supposant qu'il est seul, et au deuxième le coût additionnel (incrémental) imposé par ses besoins, en supposant que seuls ces deux partenaires participent au consortium. On continue ainsi avec les autres partenaires, le cas échéant. On répartirait alors le coût total de tous les besoins. Une telle répartition est dite *répartition selon les coûts incrémentaux*. Elle correspond à un ordonnancement donné des partenaires. Certains usagers pourraient évidemment se plaindre de l'ordre choisi. Entre autres, le premier usager devrait supporter des coûts importants liés au

démarrage du projet, alors que le dernier se verrait imputer des coûts minimes, correspondant au simple coût incrémental de ses besoins. Le mathématicien Lloyd Shapley a apporté une réponse élégante à ce problème. Elle consiste à considérer tous les ordres possibles entre les usagers et à prendre comme répartition finale des coûts la moyenne des répartitions selon les coûts incrémentaux. Les usagers se voient ainsi tous traités de façon symétrique. L'économiste Martin Shubik a montré toute la portée de cette idée dans plusieurs cas de partage des coûts.³ La règle Shapley-Shubik permet de générer, à un coût faible, l'allocation des coûts qui résulterait d'un long et très coûteux processus de négociation entre les parties. On peut montrer que, dans un contexte où il y a économie d'échelles, cette méthode a plusieurs des propriétés souhaitées d'une méthode de partage des coûts, telles d'additivité, l'invariance par rapport aux échelles, la monotonie par rapport aux besoins, l'absence d'interfinancement et la monotonie croisée, chacune de ces propriétés traduisant, en termes mathématiques, diverses demandes exprimées par les partenaires quant aux propriétés souhaitables d'une règle de partage des coûts.⁴

La méthode du nucléole. L'idée derrière ce concept est de chercher à maximiser le bien-être de la moins heureuse des coalitions de partenaires. Considérons une répartition de coûts $x = (x_1, \dots, x_n)$ pour l'ensemble des partenaires. Soit une coalition S , i.e. un sous-ensemble non-vide de N et différent de N . On définit l'excédent $e(x, S)$ de la coalition S avec la répartition x comme l'économie de coûts que réalise la coalition S par rapport à faire cavalier seul. On peut écrire :

$$e(x, S) = c(S) - \sum_{i \in S} x_i$$

Le nombre $e(x, S)$ est égal à ce que gagne la coalition S si elle accepte la répartition x plutôt que de répondre elle-même aux besoins de ses membres. Puisque l'ensemble N comprend $(2^n - 2)$ sous-ensembles stricts non-vides, $e(x, S)$ prend $(2^n - 2)$ valeurs potentiellement différentes. On désigne par $e(x)$ le vecteur des $(2^n - 2)$ valeurs de $e(x, S)$, ordonnées lexicogra-

³La formule Shapley-Shubik s'écrit de manière générale comme suit :

$$x_i = \sum_{S \subset N} \sum_{i \in S} \frac{|S \setminus \{i\}|! |N \setminus S|!}{|N|!} [c(S) - c(S \setminus \{i\})]$$

où x_i est le coût que doit supporter le partenaire i , $|S|$ est le nombre de partenaires dans la coalition ou regroupement S , $c(S)$ est le coût total de satisfaire aux besoins des membres de la coalition S .

⁴Voir "Les méthodes de partage de coût : propriétés"

phiquement de la plus petite à la plus grande.⁵ Le nucléole est défini comme la répartition x^* qui maximise lexicographiquement $e(\cdot)$. Autrement dit, x^* est la répartition qui maximise le plus petit des gains réalisés par l'ensemble de toutes les coalitions.

Revenons maintenant à l'exemple des droits d'atterrissage. Considérons l'amortissement annuel des coûts fixes pour chaque type d'avion, définis comme les coûts fixes annuels qu'il faudrait encourir pour construire des équipements tout juste suffisants pour accommoder chaque type d'avion, à l'exclusion des plus gros. On désigne ces coûts par C_j , $j = 1, \dots, m$, où j repère le type d'avion et m est le nombre de types. On pose $C_0 = 0$ et on suppose que les types d'avion sont ordonnés selon ces coûts :

$$C_0 < C_1 < C_2 < \dots < C_{m-1} < C_m$$

Soit n_j le nombre d'atterrissages par an des avions de type j . Comme un des ingrédients d'un jeu coopératif est l'ensemble des joueurs, ici les atterrissages, désignons par N_j l'ensemble des atterrissages par année des avions de type j et par n_j le nombre d'atterrissages des avions du type j . On a alors :

$$N = \bigcup_{j=1}^m N_j$$

et

$$n = \sum_{j=1}^m n_j$$

Pour appliquer les méthodes de répartition empruntées à la théorie des jeux coopératifs, il faut une fonction de coût définie sur tous les sous-ensembles $S \subset N$ qu'on notera $c(\cdot)$. La construction de cette fonction est très simple. Si on doit accommoder tous les atterrissages d'un sous-ensemble $S \subset N$, il faudra construire des pistes et des équipements capables d'accueillir les plus gros avions dans ce sous-ensemble. Le coût de ces équipements est celui qu'on attribue à ce sous-ensemble. De façon formelle, désignons par $j(S)$ le type d'avion le plus gros dans S , i.e. $j(S) = \max \{j : S \cap N_j \neq \emptyset\}$. On a alors :

$$c(S) = C_{j(S)}$$

⁵Une suite $e = (e_1, \dots, e_m)$ est *lexicographiquement inférieure* à une suite $d = (d_1, \dots, d_m)$ si la première composante de e , différente de la composante correspondante de d , est plus petite que cette dernière. Par exemple, $(3, 1, 9)$ est lexicographiquement plus petit que $(3, 2, 1)$.

On pose également $c(\emptyset) = 0$. Il s'agit ensuite d'appliquer les formules de Shapley-Shubik ou du nucléole à cette fonction de coût.

Le tableau 1, tiré de Owen (1982), présente la liste des types d'avion qui atterrissaient à l'aéroport de Birmingham en 1968-1969, avec le nombre d'atterrissages et les coûts pertinents pour chaque type d'avion. Les 11 types d'avions sont ordonnés en fonction du coût fixe nécessaire pour leur permettre d'atterrir (colonne 3). Ils sont ordonnés du moins coûteux au plus coûteux. La variable n_i indique le nombre d'atterrissages du type i et la variable C_i le coût fixe, coûts de capital, d'entretien et d'opération des pistes d'atterrissage et des autres équipements nécessaires au mouvement des avions de type maximal i . Ainsi, pour la Caravelle VLR, le montant de £97,436 représente le coût fixe qu'il faudrait encourir si l'ensemble des types d'avion atterrissant à l'aéroport de Birmingham ne comprenait que des avions des types 1 à 5. En ajoutant les frais variables, à la répartition des coûts fixes obtenue selon la méthode choisie, nous obtenons les montants apparaissant dans les colonnes (4) et (5). Nous pouvons comparer les droits ainsi calculés avec les droits qui étaient effectivement exigés durant l'année en question tels que donnés à la colonne (6).

(1) i	(2) n_i	(3) C_i	(4) Nucléole	(5) Shapley-Shubik	(6) Actuels
1. Fokker Friendship 27	42	65,899.	13.12	10.09	5.80
2. Viscount 800	9,555	76,725.	13.98	11.75	11.40
3. Hawker Siddeley Trident	288	95,200.	15.44	17.85	21.70
4. Britannia 100	303	97,200.	15.60	18.56	29.80
5. Caravelle VLR	151	97,436.	15.62	18.65	20.30
6. BAC 111 (500)	1,315	98,142.	15.68	18.92	16.70
7. Vanguard 953	505	102,496.	16.02	21.53	26.40
8. Comet 4B	1,128	104,849.	16.21	23.39	29.40
9. Britannia 300	151	113,322.	49.13	53.79	34.70
10. Convair Coronado	112	115,440.	49.30	69.77	48.30
11. Boeing 707	22	117,676.	112.80	171.58	66.70

Tableau 1 – Droits d'atterrissage en livres selon les méthodes du nucléole et de Shapley-Shubik

Ce qui frappe dans cette comparaison, c'est le fait que les droits en usage en 1968-1969 amenaient en général les plus petits avions (les types d'avion 3 à 8) à subventionner les plus gros (les types 9 à 11), par rapport à ce qu'auraient prescrit la méthode de partage des coûts de Shapley-Shubik et même celle du nucléole. Ainsi, les droits d'atterrissage des Boeing 707 auraient dû être augmentés de 150% selon la méthode de Shapley-Shubik (de £66.70 à £171.58) et de 70% selon la méthode du nucléole (de £66.70 à £112.80). Mais au delà de ces

comparaisons, ce sont les propriétés des méthodes qui doivent déterminer laquelle est la plus apte à représenter les vœux des différents partenaires, vœux qui devraient être exprimés avant même qu'une formule ne soit effectivement appliquée. On est ainsi assuré que ce sont les propriétés des méthodes alternatives qui guident le choix d'une méthode particulière, plutôt que la négociation sur les résultats de l'application de la méthode choisie.

Mentionnons que d'autres méthodes recensées dans notre survol pourraient être considérées. En particulier, la méthode de répartition séquentielle des coûts, selon laquelle les différents clients sont à l'abri de la taille des demandes des plus gros mais, en contrepartie, ne bénéficient pas des économies d'échelle que pourraient permettre et générer les gros porteurs. Chaque méthode a des propriétés particulières qu'il faut avoir à l'esprit pour déterminer la plus appropriée.

2.2 Réseaux de télécommunications

Pour illustrer les problèmes de partage des coûts communs que rencontre couramment l'industrie de télécommunications (vue comme un exemple des industries-réseaux telles l'électricité, le transport ferroviaire, le transport aérien, le réseautage des bibliothèques, le gaz naturel, les aqueducs, les routes, etc.), considérons les deux exemples suivants : l'entrée des entreprises de télécommunications sur le marché de la distribution de signaux vidéo du type Video Dial Tone (VDT) et la détermination des prix et conditions d'accès auxquels différentes entreprises concurrentes peuvent utiliser un réseau de communication ou encore un réseau ferroviaire donné (et typiquement propriété d'une des entreprises en question). De toute évidence, des situations analogues existent dans le transport et la distribution de l'électricité et du gaz naturel, dans la distribution d'eau potable, dans la collecte des eaux usées, dans l'utilisation d'une voie maritime (telle la voie maritime du St-Laurent), etc. Nous discutons le cas du gaz naturel dans notre survol et nous présenterons les cas de l'eau potable et de la voie maritime plus loin.

En novembre 1993, Pacific Bell a annoncé son intention de reconstruire son réseau à partir d'une architecture intégrant fibre optique et câble coaxial. Ce réseau pourrait transporter à la fois la voix et le vidéo. Les progrès technologiques récents permettaient, selon Pacific Bell, de construire ce réseau à un coût d'environ 1 000 \$ par abonné. La construction du réseau commença en mai 1994.

En termes de partage des coûts communs, Pacific Bell proposait d'affecter aux services de télécommunications de base un coût de 837\$ par abonné, étant donné que ces services constituaient la principale raison d'être de l'entreprise. Ainsi, le transport de signaux VDT se verrait assigner un coût de 137 \$ par abonné. Ce partage des coûts fixes de construction

du réseau devait servir par la suite à l'établissement des tarifs que les abonnés des différents services proposés seraient appelés à payer.

Cette allocation des coûts communs souleva la colère des câblo-distributeurs, qui y ont vu l'émergence d'une concurrence déloyale. Selon eux, Pacific Bell allouait au service VDT une part trop faible des coûts communs, afin de pouvoir concurrencer agressivement la câblo-distribution des signaux vidéo qui, dans ces conditions, ne pouvait survivre. Les câblo-distributeurs y voyaient là une forme de subvention croisée, dans laquelle le secteur monopolisé de Pacific Bell, à savoir les services de télécommunications de base, subventionnait le secteur concurrentiel, à savoir la transmission de signaux vidéo.

À l'appui du partage proposé des coûts communs, Pacific Bell affirma que la transmission de signaux vidéo et VDT n'était qu'un des nombreux services qu'un réseau à architecture intégrée pouvait fournir. Dans ces conditions, il fallait se référer au coût incrémental de long terme (CILT) comme base d'allocation des coûts communs : après avoir déterminé les coûts d'investissements et d'opération nécessaire à la fourniture de l'ensemble des services, à l'exclusion de services vidéo (le service téléphonique de base, les services de transmission voix et données non commutés, l'interconnexion ethernet des réseaux LAN, la téléphonie vidéo, les services cellulaires et SCP, etc.), et les coûts d'investissement et d'opération de l'ensemble des services incluant les services vidéo, le CILT des services vidéo pouvait être obtenu en soustrayant les premiers des seconds.

Les câblo-distributeurs ont répliqué en affirmant que les propositions de Pacific Bell indiquaient que les abonnés des services de transmission de signaux télévisuels utiliseraient 95% de la bande passante mais ne paieraient que 5% des coûts totaux. Pour Pacific Bell, la méthode des coûts incrémentaux de long terme avait deux avantages importants : elle évitait les subventions croisées et elle offrait les incitatifs nécessaires au développement d'une saine concurrence entre entreprises de télécommunications et entreprises de câblo-distribution.

Cet exemple montre bien que les règles de partage des coûts communs peuvent avoir des conséquences considérables pour la gouvernance de la concurrence et la structure d'une industrie. Le cas de la tarification des routes, des trajets et des circuits dans le transport aérien est un autre exemple dans lequel les règles de partage des coûts communs et la réglementation des pratiques de saine concurrence, en particulier la réglementation et les tests empiriques visant à empêcher les pratiques prédatrices en matière de tarification, sont interreliées.

Cette situation n'est pas exclusive aux industries-réseaux. Elle se retrouve dans pratiquement tous les cas où une concurrence entre secteur public et secteur privé est mise en place pour des fins d'incitation à la productivité, de contrôle des coûts, de *benchmarking* et

de *compulsory competitive tendering (CCT)*.⁶ Considérons le cas typique de la collecte des déchets et supposons que des mécanismes de concurrence soient mis en place entre secteur public et secteur privé. Afin de garantir une saine concurrence, il faut s’assurer que, de part et d’autre, le partage des coûts communs soit adéquatement fait, afin d’éviter que les autres activités du secteur public ou les autres activités des impartiteurs privés ne viennent subventionner la collecte des déchets et ne donne lieu ainsi à une concurrence “déloyale” entre les deux secteurs, qui mettrait en péril l’atteinte des objectifs visés. D’où l’importance de bien comprendre les fondements de ces règles.

Les méthodes de partage des coûts présentées dans notre survol sont susceptibles de définir un concept de coût favorisant le développement d’un niveau adéquat de saine concurrence grâce à une tarification non-prédatrice, dont le test serait simplement de vérifier que le prix d’un “produit ou service” donné permet de couvrir non seulement les frais directs de production mais aussi une part adéquate des frais fixes de l’entreprise, telle que déterminée par la formule de partage des coûts fixes retenue par l’organisme responsable de la gouvernance de la concurrence.

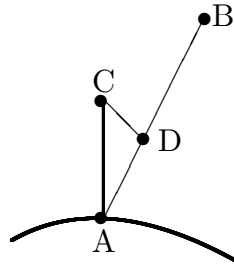
Dans les cas de Pacific Bell, et possiblement des autres cas discutés dans les paragraphes ci-dessus, la règle Shapley-Shubik est susceptible de rencontrer ces exigences. Cette règle veut que le coût d’un produit ou service soit égal à ses frais directs plus la part des frais fixes obtenue comme la moyenne des coûts incrémentaux de long terme (CILT), calculée sur tous les ordres d’entrée possibles du produit dans le panier des produits et services offerts par l’entreprise. On évite ainsi l’écueil que pose, dans les cas où les économies d’échelle ou d’envergure sont importantes, l’ordre d’entrée des produits dans le panier.

2.3 Réseaux de voies ferrées

Un autre problème intéressant de partage des coûts vient de l’utilisation conjointe d’une voie ferrée par plusieurs utilisateurs. De manière similaire, le besoin de régir la concurrence entre divers modes de transport (ferroviaire, aérien, terrestre, maritime) nous amène à préciser comment les coûts communs à un ensemble de produits et services doivent être alloués, afin d’éviter l’apparition de prix prédateurs sur certains marchés (produits ou arêtes d’un réseau).

⁶Voir Le Gallo (1998).

Figure 1



Prenons comme exemple la situation illustrée à la figure 1. Une entreprise veut construire, pour ses propres besoins, une voie ferrée allant du point A (un port de mer) au point B (une exploitation minière). Une deuxième entreprise désire également construire une voie ferrée allant du point A (le même port de mer) au point C (une exploitation forestière) ; ou encore construire à un coût sensiblement plus faible un embranchement qui partirait d'un point intermédiaire D sur le tronçon AB projeté, pour aller au point C. Les deux partenaires auraient intérêt à coopérer afin de profiter de l'économie de coûts que représenterait la deuxième option, une fois pris en compte la possibilité que la "qualité" de la voie entre les points A et D doive être plus élevée, étant donné le trafic plus intense que ce tronçon devrait alors supporter. Le partage des coûts communs du tronçon AD ou de l'ensemble du système soulève des problématiques similaires à celles du gazoduc traité dans notre survol.

2.4 Détermination des conditions et des prix d'accès aux réseaux

L'industrie des télécommunications a été et reste réglementée à cause des économies d'échelle importantes qui la caractérisent, en particulier au niveau du réseau de transmission. Mais l'existence d'économies d'échelle significatives au niveau de la transmission (transport) des signaux n'implique pas qu'il faille laisser au propriétaire du réseau le monopole de la production des services de communications empruntant le réseau. Au contraire, il apparaît souhaitable que la production de ces services (de plus en plus nombreux et différenciés) soit soumise à la concurrence, sans pour autant exiger une duplication coûteuse et inutile du réseau de transport lui-même ou du moins des arêtes du réseau qui constituent la véritable source de la position de monopole naturel. D'où l'idée de permettre l'accès au réseau à tout producteur de services, sur une base non discriminatoire, et d'où la nécessité de déterminer et de réglementer les prix et conditions de cet accès.

Déterminer les prix d'accès revient à formuler une règle de partage des coûts du réseau et donc des coûts communs à l'ensemble des utilisateurs. Cette règle doit, non seulement assurer

le financement adéquat du réseau, mais aussi inciter l'entreprise responsable (propriétaire) du réseau à en assurer de manière optimale le développement et l'entretien. Ainsi, sont apparues diverses règles d'accès dont :

- la règle ECPR (*Efficient Component Pricing Rule*) proposée par Willig (1979) et Baumol (1983),
- la règle RBPR (*Ramsey-Boiteux Pricing Rule*) proposée par Ramsey (1927) et Boiteux (1956),
- la règle GPC (*Global Price Cap*) proposée par Laffont et Tirole (1994).

L'Efficient component pricing rule (ECPR). La règle de tarification ou de partage des coûts de Baumol-Willig (ECPR) a pour objectif de favoriser l'entrée, au sein d'un réseau, de firmes efficaces eu égard à des prix finaux soit concurrentiels soit réglementés pour empêcher toute rente de monopole. La détermination de ces prix finaux est une question importante en pratique, en raison de la difficulté pour le régulateur de fixer ces prix unilatéralement. Baumol et Sidak (1994) préconisent la fixation de prix finaux plafond, suivant une mesure des coûts de faire cavalier seul (*stand alone costs*), notamment ceux d'un entrant hypothétique. En pratique, cette mesure peut être difficile à réaliser. Pour éviter toute prédation, l'entreprise en place devrait aussi satisfaire à des prix plancher, définis par ses coûts marginaux (incrémentaux) ou évitable. Le but de l'ECPR est de s'assurer que les règles d'accès à l'élément essentiel du réseau ne favorisent pas l'entrée de firmes moins efficaces tout en n'empêchant pas l'entrée d'une entreprise qui pourrait utiliser l'élément essentiel de façon plus efficace que l'entreprise en place.

Il est important de maîtriser le pouvoir qu'a l'entreprise en place de bloquer systématiquement l'entrée de ces entreprises plus efficaces. En ce sens, c'est une règle basée sur les coûts.⁷ Mais comme nous allons le voir, sa justesse en tant que règle normative est limitée lorsqu'on impose à la firme en place de satisfaire une contrainte d'équilibre budgétaire. Sa simplicité apparente et donc sa supériorité par rapport aux règles de tarification de Ramsey-Boiteux peuvent être mises en doute à la lumière de cas concrets. D'après l'ECPR, la charge d'accès (ainsi que les autres conditions) devrait être définie comme le coût direct de l'accès ajouté au coût d'opportunité pour l'entreprise en place de donner ainsi accès au réseau à ses concurrents. Soit a le coût unitaire de l'accès, C_2 le coût marginal (incrémental) que supporte l'entreprise en place en donnant l'accès à une entreprise concurrente, p le prix du produit (homogène) final, et C_1 le coût marginal de production de l'entreprise en place. L'ECPR se traduit par $a = C_2 + (p - C_1)$. Le coût d'opportunité $p - C_1$ représente en fait la perte de

⁷Voir à ce sujet Sirois et Forget (1995).

part de marché de l'entreprise en place à laquelle s'ajoute éventuellement une contribution au coût social de l'obligation de service (coût de service universel), si ce dernier est considéré comme la responsabilité sociale de l'entreprise en place. La perte de part de marché de l'entreprise en place se traduit par une diminution de ses profits variables.

Étant donné les prix finaux, choisis de façon optimale (par le régulateur) pour supprimer les rentes de monopole, la réduction des profits variables de l'entreprise en place (ses recettes moins ses coûts variables) a pour conséquence que ses coûts fixes ne sont plus couverts. Par conséquent, l'entreprise entrante devrait compenser cette perte de profits variables de l'entreprise en place : c'est là une condition pour que l'entrée soit génératrice d'efficacité. En ce qui concerne la contribution au coût des obligations sociales (une forme de produit différencié vendu à perte par l'entreprise en place qui doit par ailleurs compenser cette perte sur les secteurs profitables du marché) imposées à l'entreprise en place, notons que la réduction des profits variables de cette dernière pourrait la rendre incapable de complètement couvrir les coûts de ses obligations de service universel. D'où la condition requise que l'entrant contribue à ces obligations sociales, à moins que cette contribution puisse être considérée comme incluse dans la réduction des profits variables.

La règle ECPR a deux propriétés importantes. D'une part, elle envoie le bon signal aux entrants potentiels, puisque seuls les plus efficaces trouveront profitable d'entrer sur le marché. D'autre part, l'entreprise en place, étant complètement dédommée, ne s'oppose pas à ce que l'entrant utilise l'élément essentiel (du moins dans le contexte statique et non stratégique considéré). Le coût d'opportunité et la perte de part de marché de l'entreprise en place peuvent être évalués dans différents contextes, depuis le cas relativement simple ci-dessus, qui correspond au cas original pour lequel l'ECPR a été proposée, jusqu'à des cas de plus en plus complexes mais plus réalistes. À mesure que l'on se déplace du cas simple aux cas plus réalistes, prenant en compte la différenciation des produits, le contournement (*bypass*), l'incertitude de la demande, la substituabilité des inputs, les entreprises multi-produits et les accès multiples (c'est-à-dire en différents points ou nœuds du réseau), l'évaluation du coût d'opportunité de l'entreprise en place est de plus en plus complexe.

La règle de tarification de Ramsey-Boiteux (RBPR). L'objectif de la règle de partage (tarification) de Ramsey-Boiteux est d'atteindre une efficacité globale dans le marché des biens et services du réseau plutôt que de favoriser l'entrée de firmes efficaces dans le réseau. Elle vise à garantir qu'en présence d'économies d'échelles importantes, les bons biens et services seront produits et offerts en bonnes quantités et donc que les distorsions de production que causera inéluctablement la tarification de ces biens et services seront aussi

faibles que possible par rapport à la situation optimale (de premier rang). La règle RBPR veut que les écarts entre les prix et les coûts marginaux des différents biens, exprimés en pourcentage de leurs prix respectifs, soient proportionnels à l'inverse des superélasticités des demandes. Afin d'appliquer cette règle, il faut connaître, ou au moins avoir une estimation, de ces superélasticités, une condition qui peut s'avérer exigeante.

La règle de tarification par le plafonnement global des prix (GPC). Quant au plafonnement global des prix (*Global Price Cap*) proposé par Laffont et Tirole (1994), il a pour principal avantage de suivre les préceptes théoriques de l'analyse économique sans nécessiter plus d'information que d'autres règles telles l'ECPR, la règle de Ramsey, ou encore celle des coûts incrémentaux de long terme. La règle du plafonnement global des prix prend en compte simultanément les prix des produits et services finaux et les charges d'accès dans une formule unique de plafonnement des prix.

Une fois le plafond des prix (indice) déterminé, l'entreprise en place est libre de choisir ses prix, y compris les charges d'accès, tant que le plafond global des prix est satisfait. L'entreprise met d'elle-même en œuvre la structure de tarification à la Ramsey si elle connaît ses conditions de demande et de coût. Le régulateur n'a besoin de rechercher ou d'estimer ni ces conditions ni les élasticités. Le rôle des plafonnements de prix 'classiques' a été d'introduire des mécanismes incitatifs puissants dans la réglementation. En effet, une règle de plafonnement des prix permet à l'entreprise régulée de modifier ses prix tant que certains indices de ces prix ne s'élèvent pas au-dessus des valeurs de référence. Étant donné que le régulateur ne contrôle qu'un indice des prix, cela permet à l'entreprise de profiter des bénéfices qu'elle peut réaliser en choisissant bien sa structure de tarification et ses mesures de réduction de coûts. De ce fait, l'entreprise est incitée à adopter des technologies de production et des efforts de gestion favorisant la réduction des coûts et l'augmentation de l'efficacité.

La notion de plafonnement global des prix fait référence au panier de biens que vend l'entreprise. De ce fait, l'accès au réseau devrait être considéré comme un bien du panier pour lequel le régulateur doit définir un plafonnement des prix sous forme d'un indice. L'entreprise est alors libre de déterminer le prix de l'accès et le prix des autres biens et services qu'elle vend, tant que l'indice de ces prix reste inférieur au plafond imposé comme point de référence. Une des caractéristiques intéressantes de ce plafonnement global des prix est qu'il permet d'implémenter la tarification à la Ramsey-Boiteux de manière décentralisée. Les prix choisis par l'entreprise en place, maximisant ses profits tout en satisfaisant la contrainte de plafonnement global des prix, sont les prix de Ramsey-Boiteux.

Nous ne développerons pas davantage ces règles de détermination des prix d'accès. Le lecteur intéressé à une présentation succincte, mais plus complète, peut se référer à Boyer et Robert (1998) qui passent en revue les principes, faits et enjeux pertinents aux mouvements de déréglementation, de restructuration et de privatisation dans les industries-réseaux. Il nous suffit de mentionner ici que ces règles d'accès peuvent être perçues comme des règles de partage des coûts communs permettant et tenant compte de l'ajout et du retrait des partenaires au partage (utilisateurs du réseau et concurrents de l'entreprise propriétaire du réseau).

2.5 L'approvisionnement en eau potable

Cet exemple s'inspire d'un cas où 18 municipalités de la région de Skåne en Suède se sont regroupées afin de se doter d'un système d'approvisionnement en eau potable et d'en partager les coûts communs (Young 1994). Un groupe de scientifiques de l'International Institute for Applied Systems Analysis [IIASA, Autriche], dont des théoriciens des jeux coopératifs, reçut le mandat de concevoir un mécanisme équitable, incitatif et équilibré de répartition des coûts communs d'une mise à niveau du système, dont certains éléments remontaient aux années '40. En théorie, le groupe aurait dû évaluer les coûts des $2^{18} = 262144$ regroupements (coalitions) possibles, une tâche impossible. Les 18 municipalités furent plutôt regroupées en 6 unités sur la base de leurs expériences passées de coopération, de leur proximité géographique et des caractéristiques de leurs systèmes d'aqueduc respectifs (voir la figure 2). Une fois réalisée la répartition des coûts communs entre les 6 unités, une deuxième ronde de partage deviendrait nécessaire pour partager le coût réparti entre les municipalités de chaque unité. Nous n'allons couvrir ici que la première étape.

Une première difficulté, souvent rencontrée dans ce genre de projet, est de partager les coûts entre coûts directs et coûts joints. Dans le présent exemple, le coût des équipements de pompage de l'eau dans des réservoirs municipaux (coût direct) dépend de la pression avec laquelle l'eau est distribuée aux unités (coût joint). Il n'est pas toujours facile de déterminer si un coût donné est direct ou joint. Aussi, il serait souhaitable que la règle de partage des coûts joints soit invariante par rapport à une telle décomposition, i.e. indépendante du critère précis de délimitation entre coûts directs et coûts joints.⁸

⁸Une fonction de coût c est décomposable en coûts directs $d = (d_1, d_2, \dots, d_n)$ et coût joint c^* si

$$c(S) = d(S) + c^*(S), \text{ pour tout ensemble } S \subseteq N;$$

une méthode de répartition ϕ est invariante dans les coûts directs si, lorsque c est décomposable, alors $\phi(c) = d + \phi(c^*)$, i.e. $\phi_i(c) = d_i + \phi_i(c^*)$ pour tout i .

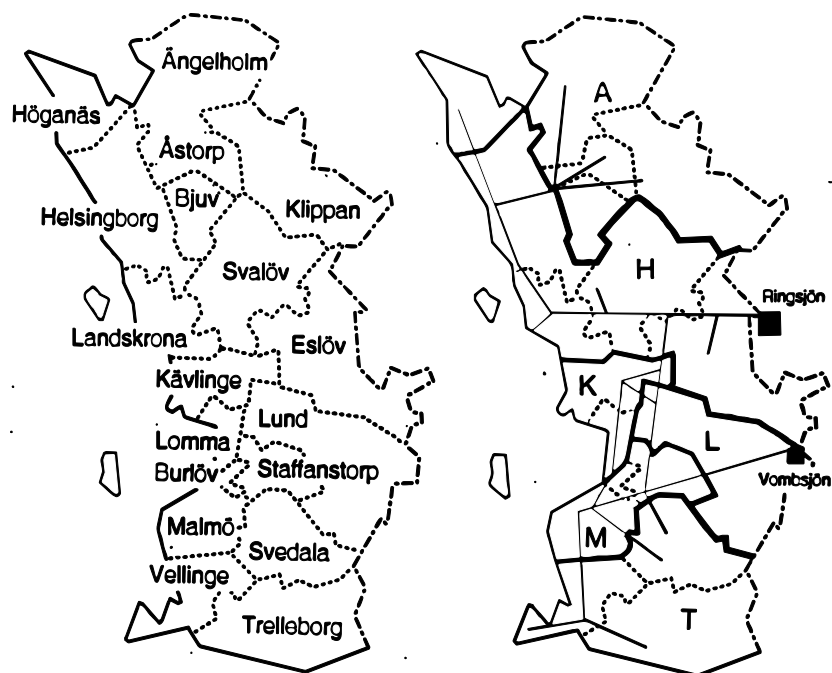


Figure 2 – La région de Skåne, Suède

Les coûts d’approvisionnement en eau potable pour chaque ensemble (coalition) $S \subseteq N$ furent estimés par des méthodes standard d’ingénierie des eaux. Ces coûts, en MCS (millions de couronnes suédoises), sont présentés au tableau 2, qui fait état également de la présence ou non d’économies d’échelle au sein d’un groupe (coalition). Les coalitions sont séparées par des virgules lorsque leur intégration au sein d’un système unique ne génère aucune économie d’échelle.

Notons quelques caractéristiques de la fonction de coût. Bien que l’unité L soit proche des deux sources majeures d’eau (les lacs Ringsjön et Vombsjön), elle a un coût relativement élevé de faire cavalier seul (*stand alone cost*) de 15.88 MCS, car elle ne possède aucun droit de tirage d’eau de ces lacs. Les unités H et M peuvent bénéficier beaucoup d’alliances avec d’autres unités. Le coût incrémental du système possédé par H (Ringsjön) est plus faible (capacité incrémentale plus grande) que celui du système possédé par M (Vombsjön). Ainsi, le coût incrémental d’ajouter des municipalités à celles de M sera plus élevé que le coût incrémental de les ajouter à celles de H. En d’autres mots, H a plus à offrir à des partenaires éventuels que M et cela se reflétera dans le partage des coûts.

Groupe	Coût total	Groupe	Coût total	Groupe	Coût total
A	21.95	AHK	40.74	AHKL	48.95
H	17.08	AHL	43.22	AHKM	60.25
K	10.91	AH,M	55.50	AHK,T	62.72
L	15.88	AH,T	56.67	AHL,M	64.03
M	20.81	A,K,L	48.74	AHL,T	65.20
T	21.98	A,KM	53.40	AH,MT	74.10
		A,K,T	54.84	A,K,LM	63.96
AH	34.69	A,LM	53.05	A,K,L,T	70.72
A,K	32.86	A,L,T	59.81	A,K,MT	72.27
A,L	37.83	A,MT	51.36	A,LMT	73.41
A,M	42.76	HKL	27.26	HKL,M	48.07
A,T	43.93	HKM	42.55	HKL,T	49.24
HK	22.96	HK,T	44.94	HKMT	59.35
HL	25.00	HL,M	45.81	HLMT	64.41
H,M	37.89	HL,T	46.98	KLMT	56.61
H,T	39.06	H,MT	56.49	AHKL,T	70.93
K,L	26.79	K,LM	42.01	AHKLM	69.76
KM	31.45	K,L,T	48.77	AKHMT	77.42
K,T	32.89	K,MT	50.32	AHLMT	83.00
LM	31.10	LMT	51.46	AKLMT	73.97
L,T	37.86			HKLMT	66.46
				AHKLMT	83.82

Tableau 2 – Coûts des différents systèmes en millions de couronne suédoises (MCS)

Le tableau 3 présente la répartition des coûts totaux de 83.82 MCS, selon 4 méthodes différentes. Les deux premières sont des méthodes “naïves” qui partagent les coûts sur une base proportionnelle à la population et à la consommation respectivement. Elles sont naïves en ce sens qu’elles ne considèrent ni les alternatives des unités, en particulier la possibilité pour elles de se séparer du système et de faire cavalier seul, ni les règles d’équité, en particulier celle qui veut que chaque unité paie au moins le coût incrémental qu’elle impose à l’ensemble du système. En effet, certaines unités, telles H et M, se voient allouer des coûts supérieurs à leurs coûts de faire cavalier seul alors que d’autres unités, telles A et T, ne paieraient même pas le coût marginal ou incrémental de les inclure dans la grande coalition AHKLMT et seraient ainsi subventionnées par les autres unités.

La *méthode des bénéficiaires résiduels*, une méthode standard couramment appliquée en ingénierie, évite de facturer plus que le coût de faire cavalier seul mais elle n’est pas immunisée contre le retrait de certaines coalitions. C’est le cas en particulier de la coalition HKL, qui

	A	H	K	L	M	T
Cavalier seul	21.95	17.08	10.91	15.88	20.81	21.98
Population	10.13	21.00	3.19	8.22	34.22	7.07
Consommation	13.07	16.01	7.30	6.87	28.48	12.08
Bénéfices résiduels	19.54	13.28	5.62	10.90	16.66	17.82
Nucléole	20.35	12.06	5.00	8.61	18.32	19.49

Tableau 3 – Répartition des coûts communs de 83.82 MCS selon 4 méthodes

peut satisfaire ses besoins au coût de 27.26 MCS, alors que la méthode des bénéfices résiduels lui facture 29.80 MCS. Le nucléole, faisant partie du coeur, est immunisé contre les menaces de retrait : aucune coalition ne se voit imposer un coût supérieur à celui qu'elle devrait encourir si elle faisait cavalier seul.

2.6 Les poteaux et les tours de diffusion et de communications

La détermination des modes possibles de tarification d'un emplacement sur une tour de diffusion a fait l'objet d'une étude par Raymond Chabot Martin Paré en 1986. Plusieurs entreprises propriétaires de tours de diffusion ont été consultées. Il en est ressorti que le droit d'utilisation d'un équipement ou d'un emplacement sur une tour ne semble pas déterminé à l'aide d'une technique rigoureuse. Des négociations entre les deux parties déterminent la valeur du droit d'utilisation. Par ailleurs, le milieu insiste pour que "la valeur du marché" soit retenue comme la meilleure base de facturation. Cette "valeur du marché" est sujette à diverses interprétations : le coût de l'alternative pour le locataire, le partage des coûts supportés par le propriétaire, le prix de services concurrents équivalents, ou encore une quote-part égale à ce que paie chacun des copropriétaires actuels.

L'étude en question suggère que les guides suivants servent de base au propriétaire dans la fixation de sa tarification : la valeur basée sur les coûts de l'alternative ; la valeur basée sur les prix du marché ; et la valeur basée sur le principe de partage des coûts. Ces guides forment ce qu'on pourrait appeler "l'intervalle de décision". La valeur négociée devrait se situer, de manière générale, dans l'intervalle de décision.

Le cas de la tarification des emplacements sur une tour de diffusion ou de transmission de signaux est un cas assez classique de partage de coûts communs. Les règles de partage discutées dans notre survol, en particulier la règle Shapley-Shubik et la règle séquentielle, présentées ci-dessus, peuvent être appliquées dans la mesure où les données sur la fonction de coût peuvent être obtenues. Les données devraient permettre de calculer le coût total, le coût direct pouvant être appliqué à chaque entité, les coûts communs, le coût pour chaque

entité de faire cavalier seul, le coût marginal ou incrémental de servir chaque entité et le gain marginal de chaque coalition ou sous-groupe d'entités. Il semble à première vue que le calcul de ces différents coûts pourrait être effectué sans trop de difficultés.

Le partage des coûts des poteaux servant à la distribution d'électricité, à l'acheminement des services de téléphonie, à la câblo-distribution, etc. pose des problèmes conceptuels similaires à ceux auxquels on fait face dans le cas d'une tour de diffusion ou de transmission. Ici encore, taille et distance sont des paramètres auxquels nous pensons immédiatement. Différents utilisateurs ont cependant des besoins différents, quant à la taille et la hauteur des poteaux, entre autres, et donc quant à leur sécurité et fiabilité, mais il serait de toute évidence non-économique de déployer plusieurs systèmes similaires côte à côte. Le système à installer doit pouvoir satisfaire aux besoins de l'ensemble des partenaires utilisateurs de l'ouvrage.

Le partage des coûts entre les partenaires risque de soulever beaucoup d'animosités étant donné leurs différents besoins. Ces animosités pourraient être significativement réduites par l'application de règles de partage de coûts dont les propriétés sont bien identifiées. Tout comme dans le cas d'une tour de diffusion, certaines des règles de partage que nous avons présentées dans notre survol pourraient jouer un rôle facilitateur dans les négociations entre les partenaires ou les parties en présence et mener plus rapidement et plus efficacement à des accords équitables et bénéfiques pour toutes les parties. Ces règles de partage des coûts seraient particulièrement utiles lorsque les partenaires à la négociation relèvent d'organismes de réglementation différents dont les exigences sont souvent incompatibles, du moins à première vue.

2.7 Les systèmes urbains souterrains

Dans plusieurs cas, les réseaux-systèmes urbains d'aqueduc, de collecte des eaux usées, de distribution de gaz naturel, de distribution électrique, de télécommunications, etc. passent dans des canalisations regroupées sous terre. Ainsi, la construction de ces ouvrages implique souvent des coûts fixes très importants, qu'il faut partager entre les différents utilisateurs. Par exemple, lorsque la voie publique est ouverte pour les besoins de développement ou de réfection de l'un de ces réseaux, les autres partenaires en profitent pour développer ou inspecter leurs propres installations et procéder aux entretiens et réparations nécessaires. Il peut s'avérer efficace d'ouvrir la voie sur une plus grande largeur ou longueur que strictement nécessaire et ce pour permettre à ces autres partenaires de développer, entretenir ou vérifier leurs ouvrages. Quel montant ou quel pourcentage le coût fixe commun d'ouvrir la chaussée

et de procéder au développement des massifs communs devrait être supporté par chacun des partenaires, actuels et futurs ?

La réponse à cette question soulèverait de multiples discussions et négociations si les partenaires devaient partir de zéro dans l'étude de la question. Les règles de partage dont nous avons discuté peuvent encore une fois venir à la rescousse et servir de mécanisme de facilitation dans la recherche d'une règle de partage efficace et équitable.

Nous avons analysé le cas de la Commission des services électriques de la Ville de Montréal (CSEVM). Nous avons décrit la problématique de la CSEVM et le contexte dans lequel elle opère et nous avons procédé à un survol des principales méthodes de répartition des coûts communs que les différents partenaires de la CSEVM pourraient considérer. Nous avons affirmé qu'il faudrait idéalement choisir une méthode de répartition de coûts sur la base des propriétés qu'elle respecte intrinsèquement, avant même de connaître les résultats qu'elle peut donner en termes de partage des coûts. C'est sur ces propriétés que les usagers devraient être amenés à s'entendre au départ, plutôt que sur une formule précise. On discuterait ainsi d'abord et avant tout des vrais enjeux, plutôt que de prendre des positions stratégiques difficiles à réconcilier par la suite.

Le sous-comité de travail du comité "demandeur-payeur" de la CSEVM avait d'ailleurs énoncé cinq critères qui devraient être pris en compte dans le choix d'une méthode de répartition. Il s'agissait de l'équité, de la responsabilité, de la transparence, de la faisabilité et de la légalité. Le problème est évidemment de donner une formulation précise à ces critères. L'équité, entre autres, peut prendre différentes formes. On retrouve dans la littérature économique plusieurs propriétés reliées aux trois premiers critères et l'étude de méthodes de répartition est faite en fonction de ces propriétés. Dans certains articles, on démontre qu'il existe une et une seule méthode satisfaisant un ensemble donné de propriétés. Nous avons, dans le contexte de cette analyse, énoncé un certain nombre de ces propriétés, pertinentes dans le contexte de la CSEVM, et avons ensuite ciblé deux méthodes de répartition de coûts qui nous semblaient rencontrer le plus grand nombre de propriétés désirables pour la CSEVM. Il s'agit de la méthode Shapley-Shubik que nous avons présentée plus haut et de la méthode de répartition séquentielle.

La méthode de répartition séquentielle. On ordonne d'abord les I usagers, selon l'ampleur du coût de leurs besoins d_i , i.e. selon le coût $c(d_i)$ de répondre à ces besoins de manière isolée. Ainsi, $c(d_1) < c(d_2) < \dots < c(d_I)$. Puis, on construit une suite de demandes intermédiaires. La première consiste à ramener les besoins de tous les usagers au niveau de ceux du ou des plus petits en termes de coût. Autrement dit, on suppose que la demande de

chaque agent est d_1 . On répartit ensuite le coût $c(d_1, d_1, \dots, d_1)$ d'un projet fictif ou d'une capacité tout juste suffisante pour répondre à cette demande, de façon égalitaire entre tous les usagers. Le plus petit (ou les plus petits) usager n'aura rien d'autre à payer. Les autres usagers se voient imputer, en plus, une part égale de l'accroissement de coût qu'entraînerait un accroissement de capacité suffisant pour répondre à des demandes de leur part qui seraient toutes égales à celle du deuxième plus petit usager, $d_i = d_2 \forall i > 1$. Ce dernier n'aura rien d'autre à payer par la suite. On continue ainsi à imputer, de façon itérative, les coûts incrémentaux associés aux accroissements de capacité nécessités par des demandes de plus en plus grandes.

Par l'application itérative du partage des coûts incrémentaux, les plus petits usagers sont à l'abri de l'ampleur de la demande des gros, pour le meilleur et le pire. Ils ne vont pas payer pour des demandes dont ils ne sont pas responsables mais, dans un contexte d'économies d'échelle, ils ne vont pas profiter non plus des externalités (réduction des coûts incrémentaux) amenées par ceux qui ont des demandes plus grandes. La méthode de répartition séquentielle serait une façon systématique d'appliquer les principes qui ont été suggérés dans le cadre des travaux du comité "demandeur-payeur" de la CSEVM. Une première proposition, soumise dans le cadre de ces travaux, suggérerait de séparer les coûts reliés aux puits d'accès et aux conduits selon leur dimension. La facturation aux usagers comporterait trois volets. Elle tiendrait d'abord compte des coûts des structures exclusives. Ensuite, la somme demandée serait fonction du nombre de puits d'accès par lesquels passent les conduits qui lui sont attribués. Finalement, le taux de la redevance tiendrait compte des diamètres des conduits attribués (occupés ou libres). Une seconde proposition suggérerait de répartir les coûts par projet. Les coûts qui peuvent être rattachés directement à une structure ou à une section de conduits seraient imputés aux usagers présents dans la structure ou les conduits. Les coûts de construction d'un puits d'accès commun seraient répartis également entre les usagers présents dans celui-ci et les coûts des exigences additionnelles seraient absorbés par les usagers demandeurs.

La méthode de répartition séquentielle prendrait toutes ces suggestions en compte, tout en dispensant la CSEVM de la définition de coefficients de proportionnalité. Tout repose sur la construction des demandes intermédiaires. La première de ces demandes ramène les besoins de tous les usagers au niveau de celui des plus petits. Les conduits sont donc ramenés à leur plus petit diamètre et leur nombre est réduit à celui demandé par les petits usagers. Il en va de même des puits d'accès. Il n'y a pas de structure exclusive dans cette première demande intermédiaire. Le coût de cette dernière est réparti de façon égalitaire entre tous les usagers. À mesure qu'on avance dans l'application de la méthode, on incorpore des besoins

de plus en plus grands dans les demandes intermédiaires et le coût supplémentaire de ces plus grands besoins est partagé de façon égalitaire entre les usagers qui en sont responsables. Si un usager est l'unique demandeur d'une structure particulière, cette méthode lui en impute le coût entier.

La méthode de répartition séquentielle satisfait en plus à d'autres propriétés intéressantes. Elle est robuste au choix des unités de mesure, un problème qui peut se poser à la CSEVM. Elle traite tous les usagers de façon symétrique et donne des imputations qui ne décroissent pas par rapport à l'ampleur des demandes. L'ordre de ces imputations correspond à celui des coûts de faire cavalier seul. Ces propriétés vont dans le sens de l'équité et de la responsabilité.

On sait aussi que cette méthode est la seule à satisfaire au traitement égalitaire de ceux qui ont des coûts de faire cavalier seul identiques et à l'invariance des contributions par rapport aux plus grandes demandes. De plus, la présence d'un usager dont la demande est nulle n'a aucune influence sur les parts des coûts imputées aux autres et l'ordre entre les parts de deux usagers est indépendant des demandes des autres usagers. En fait, elle est la seule à satisfaire à ces deux propriétés, en même temps qu'à l'indépendance par rapport au choix des unités.

Finalement, dans un contexte où il y a des économies d'échelle, la méthode de répartition séquentielle donne des imputations qui sont toujours à l'abri des contestations de la part de sous-ensembles d'usagers : la part des coûts imputée à une coalition n'est jamais plus élevée que le coût total auquel elle pourrait fonctionner seule. Par contre, elle n'est pas robuste à la décomposition en éléments de coût, directs et indirects par exemple. La littérature économique sur la répartition des coûts nous enseigne qu'on ne peut pas avoir toutes les propriétés à la fois. Certaines sont tout simplement incompatibles entre elles.

La méthode de répartition séquentielle exige non seulement les coûts de satisfaire à la demande exprimée mais également les coûts de demandes intermédiaires. L'estimation de ces coûts nous semble réalisable. Le nombre des demandes intermédiaires est au maximum égal à celui des usagers différents.

Par comparaison, avec n usagers, la méthode Shapley-Shubik exigerait l'estimation du coût de $(2^n - 1)$ demandes, un nombre qui croît rapidement avec le nombre de partenaires. Dans la mesure où plusieurs usagers sont pratiquement identiques ou du moins assez semblables, il ne serait pas nécessaire de tous les distinguer. On pourrait très bien fonctionner avec des catégories d'usagers. La méthode retenue servirait à répartir les coûts entre ces catégories. Une méthode plus simple pourrait ensuite être utilisée pour répartir le coût imputé à une catégorie, entre ses membres. Pour la même raison, il ne serait pas nécessaire de refaire tous

les calculs à chaque fois qu'arrive un nouvel usager ou une nouvelle demande. Il pourrait tout simplement être traité à l'intérieur d'une catégorie.

Les coûts dont il est question ici sont des coûts de remplacement (constructions nouvelles) et non des coûts historiques. Or, le mandat actuel de la CSEVM est de répartir les coûts historiques et plus précisément des annuités sur des coûts historiques. Pour réconcilier les deux approches, rien n'empêcherait d'utiliser une méthode comme celles proposées pour estimer la part des coûts de remplacement qui reviendrait à chaque usager et de répartir ensuite les coûts historiques proportionnellement à ces parts. De façon équivalente, les répartitions données par la méthode retenue pourraient être ajustées pour ramener le montant total réparti au niveau des coûts historiques. Nous croyons toutefois qu'une réflexion s'impose sur les coûts à répartir. Nous avons fait état des problèmes d'incitation que pouvait entraîner la répartition de coûts historiques plutôt que l'utilisation des coûts d'opportunité, dont les coûts de remplacement. Nous avons aussi traité des conséquences, à cet égard, du choix d'amortir les dettes sur 20 ans.

En résumé, nous avons recommandé le choix de la méthode de répartition séquentielle parce qu'elle nous semble la plus susceptible de répondre à la problématique de la CSEVM. Son application exigerait l'estimation de certains coûts, un exercice que les ingénieurs et autres experts qui préparent des soumissions sont habitués à faire. L'application de cette méthode nous semble donc tout-à-fait possible dans le contexte de la CSEVM.

2.8 Voie maritime

Le partage des coûts communs d'une voie maritime est un bel exemple auquel les méthodes de partage des coûts communs discutées dans notre survol pourraient être appliquées avec profit. Cet exemple s'inspire de notre analyse des options de tarification de la Voie Maritime du Saint-Laurent (VMSL) réalisée en 2001 à la demande de la Corporation de Gestion de la Voie Maritime du Saint-Laurent (CGVMSL).

Une voie maritime est un ouvrage dont les coûts sont en bonne partie fixes. Les partenaires de ce projet, à savoir les différents armateurs/utilisateurs, utilisent la voie maritime de manière différenciée, certains ayant besoin de l'ensemble du projet (longueur, largeur et profondeur de la voie) alors que d'autres n'utilisent la voie que partiellement tant en longueur qu'en largeur et/ou en profondeur. Certains transportent des marchandises de grande valeur alors que d'autres ne transportent que des marchandises en vrac de valeur unitaire faible. De plus, il est de connaissance commune que la capacité de la voie maritime resterait supérieure à son utilisation même si les passages étaient tout à fait gratuits. Étant donné qu'en l'absence de contrainte de capacité, le coût marginal d'un passage additionnel dans la

Voie maritime est nul ou quasi-nul, on a demandé aux autorités de la VMSL de pratiquer une tarification qui vise, non pas à récupérer l'ensemble des coûts (capital et opérations) de l'ouvrage, mais uniquement les coûts quasi-fixes d'opération, tout en assurant par ailleurs une valorisation maximale (usage maximal) de la voie maritime.

La structure actuelle de la tarification est constituée d'une combinaison de prix – par écluse, passager, tonnage, cargaisons différenciées et segment – établis en tenant compte de contraintes de compétitivité par rapport aux autres modes de transport. La nouvelle tarification devrait être choisie de manière à maximiser l'utilisation de la voie maritime, sous contrainte de couverture des coûts quasi-fixes de fonctionnement et de maintenance. le principe d'une telle tarification est largement développé dans la littérature, sous le nom de tarification de second rang (second-best pricing). Le premier rang (first best pricing) consisterait à réduire les prix jusqu'à ce qu'ils atteignent le coût incrémental d'un bateau supplémentaire navigant sur la voie maritime, ou jusqu'à ce que la route maritime soit utilisée à pleine capacité. Par conséquent, les prix pourraient être nuls si le coût marginal associé à un bateau supplémentaire était nul. Cela aboutirait au bien-être maximal pour la société. Si l'on se conforme à la contrainte de revenu et que l'on se restreint à des tarifs simples par cargaison, la règle de tarification efficace à la Ramsey-Boiteux veut que les prix par cargaison soient inversement proportionnels aux élasticités de demandes pour les différents types de cargaisons. L'élasticité de la demande pour les services de voie maritime mesure la sensibilité du trafic maritime au prix de ces services.

La théorie économique nous enseigne aussi que l'on peut faire mieux qu'une tarification simple par tonne de cargaison, grâce à un menu de tarifs en plusieurs parties. Un tarif multiparties consiste en un ensemble de prix, charges fixes et coûts unitaires. Les tarifs actuels (frais par écluse, frais de tonnage, frais par type de cargaison) sont de cette nature. L'idée d'un menu va plus loin. Un menu de tarifs est constitué d'au moins deux tarifs multiparties et les clients sont libres de choisir celui qui leur convient le mieux. Autrement dit, on pourrait appliquer pour chaque passage dans la voie maritime le tarif qui correspond au coût minimum pour ce passage. A titre d'exemple, on pourrait construire un menu en offrant le choix entre les tarifs actuels du segment Montréal-Lac Ontario (MLO) et du segment Welland, pour n'importe quel passage sur n'importe quel segment de la voie maritime.

En construisant soigneusement le menu de tarifs, on peut s'assurer que la société, les clients, les transporteurs et la CGVMSL en bénéficient. Il existe aussi un menu optimal de tarifs multiparties. La construction d'un tel menu nécessite à nouveau de connaître les élasticités des différentes fonctions de demande qui s'adressent au service, en fonction des différentes parties du tarif. Malheureusement, nous n'avons pratiquement jamais les données

nécessaires pour aller aussi loin. De plus, un tel menu optimal comprendrait un nombre considérable de tarifs différents, parmi lesquels il serait presque impossible de choisir, sans mentionner la difficulté de l'administrer. Cependant, cette approche pourrait être prometteuse dans le contexte de la voie maritime du Saint-Laurent en conservant la structure actuelle avec frais par écluse et frais de tonnage, mais en donnant un certain choix aux transporteurs.

En fait, nous avons recommandé à la CGVMSL d'adopter un menu de deux tarifs binômes (en deux parties) pour la tarification sur l'ensemble de la voie maritime. Le premier choix offert aux clients serait un tarif ne comprenant aucun droit par écluse, mais des prix en fonction du tonnage et de la cargaison. Ce tarif est similaire à celui existant déjà sur le segment MLO. Le deuxième choix serait une combinaison d'un droit fixe par écluse et d'un prix unitaire par unité de tonnage et par cargaison, identique au tarif qui prévaut sur le canal Welland. Nous avons suggéré aussi que ce menu de tarifs soit défini et appliqué par écluse plutôt que par segment, et qu'il soit le même pour les deux segments de la voie maritime. Cela implique que les écarts actuels entre les prix relatifs sur les deux segments devraient disparaître. Insistons sur le fait que l'idée principale d'un tel menu est que les transporteurs peuvent choisir parmi plusieurs tarifs celui qui leur est le plus avantageux (le moins onéreux). Aucun transporteur ne pourra se plaindre que d'autres bénéficient d'un tarif plus avantageux, puisqu'il a toujours la possibilité de demander d'être facturé suivant cet autre tarif.

2.9 La construction d'un barrage multi-objectifs

On peut considérer la construction d'un barrage comme un projet avec plusieurs objectifs, tels produire de l'électricité, assurer l'irrigation des terres agricoles et garantir l'étiage en période de basses eaux, afin de préserver l'abondance de poissons (pêche sportive). Un tel projet multi-objectifs peut exiger que le coût total de l'ouvrage soit partagé entre ces objectifs soit pour fins de tarification ou simplement pour fins de transparence. Ce problème a une structure analogue à celui de la détermination du coût relatif des différentes missions d'un organisme lorsque des économies d'échelle ou d'envergure importantes sont présentes.

Nous illustrons ce problème à l'aide d'un exemple tiré de notre document (BMT 2002c) sur les définitions et les propriétés souhaitables des solutions aux jeux de coûts. Dans une vallée, on retrouve une compagnie d'électricité, un syndicat d'agriculteurs et l'association des pêcheurs à la ligne. La compagnie d'électricité voudrait construire un barrage pour turbiner l'eau et produire de l'électricité selon un profil intra-annuel d'appels de charge bien spécifié. Les agriculteurs voudraient construire eux aussi un barrage qui leur garantirait un certain profil intra-annuel de disponibilités en eau pour irriguer les terres qu'ils cultivent. Le profil intra-annuel de leurs besoins n'est généralement pas le même que celui des hydro-électriciens.

Enfin, les pêcheurs voudraient aussi construire un barrage qui permettrait de régulariser le débit de la rivière et garantir l'étiage en période de basses eaux, préservant ainsi la richesse de la flore aquatique, donc la qualité des frayères et par conséquent l'abondance des poissons.

Pour la compagnie d'électricité, le projet est un certain type de barrage, équipé de turbines⁹, et un réseau de transport de l'électricité, du barrage jusqu'aux divers points d'entrée de son réseau de distribution. Pour le syndicat d'agriculteurs le projet est un barrage sans turbine, d'une capacité de rétention différente, et un réseau d'adduction de l'eau aux différentes parcelles à cultiver. Pour l'association des pêcheurs le projet est un barrage d'une capacité de rétention différente de la capacité requise pour les deux autres projets. Le débit naturel de la rivière et les besoins des trois agents sont ceux du tableau 4. Supposons aussi, pour simplifier, que :

- au cours de chaque mois, les débits instantanés sont constants ;
- la loi oblige ceux qui retiennent l'eau, qui construisent une retenue, à laisser dans la rivière le débit d'étiage lorsque le débit naturel lui est supérieur ;
- les pertes par évaporation sont négligeables ;
- l'eau prélevée pour irrigation ne retourne pas dans le réseau hydrographique : elle part en totalité dans l'atmosphère soit par évaporation du sol, soit par évapo-transpiration des plantes, de sorte que les prélèvements pour irrigation sont des prélèvements nets.

Mois	Débit naturel de la rivière	Débit voulu Électriciens	Débit voulu Agriculteurs	Débit voulu Pêcheurs
Janvier	1000	3000	0	500
Février	1000	2000	0	500
Mars	2500	1000	0	500
Avril	3500	0	0	500
Mai	2500	0	1000	500
Juin	1500	0	2000	500
Juillet	500	0	2500	500
Août	500	0	1500	500
Septembre	100	0	0	500
Octobre	2000	0	0	500
Novembre	3500	1500	0	500
Décembre	2500	3000	0	500

Tableau 4 – Débit naturel et débits demandés par les agents

S'il n'y a que le projet des pêcheurs à réaliser, il suffit de construire un réservoir dont la capacité de retenue est de $500 - 100 = 400$, pour palier à l'insuffisance du débit naturel de

⁹On suppose pour simplifier que l'eau est turbinée au pied du barrage.

la rivière au mois de septembre. S'il n'y a que le projet du syndicat d'agriculteurs à réaliser, il faut tenir compte du fait que l'eau prélevée pour irriguer est totalement perdue et donc le syndicat doit laisser dans la rivière le volume du débit d'étiage, lorsque le débit naturel lui est supérieur. Il faut donc construire un barrage d'une capacité de $(2000 + 500 - 1500) + (2500 + 500 - 500) + (1500 + 500 - 500) = 5000$, pour palier au déficit du débit naturel au cours des mois de juin, juillet et août. En général, du fait que les flancs des vallées sont évasés, et à cause de la pente du lit du fleuve, il est moins coûteux de construire un seul barrage d'une capacité de 5400 plutôt que deux barrages, l'un d'une capacité de 5000, l'autre d'une capacité de 400.¹⁰ La réalisation du seul projet des électriciens nécessite l'érection d'une retenue d'une capacité de 3500. En décembre la compagnie veut turbiner 3000, le débit naturel n'est que de 2500, d'où un déficit de 500 ; en janvier elle veut turbiner 3000 alors que le débit n'est que de 1000, d'où un déficit de 2000 ; enfin, en février elle veut turbiner 2000 tandis que le débit naturel n'est que de 1000, d'où un déficit de 1000.¹¹ Le coût de réalisation coordonnée des projets des électriciens et des pêcheurs est égal au coût de réalisation du seul projet des électriciens. La retenue construite pour réaliser le seul projet des électriciens permet de satisfaire les besoins des pêcheurs. Le coût de réalisation coordonnée des trois projets est le coût d'érection d'un barrage d'une capacité de retenue de 5400, équipé de turbo-alternateurs et des réseaux de transport de l'énergie et de l'adduction de l'eau. Ce coût sera généralement moindre que le coût de réalisation de deux barrages, l'un d'une capacité de 3000 équipée des mêmes turbo-alternateurs, l'autre d'une capacité de 5400, coût qui devrait être engagé si, d'une part, la compagnie d'électricité agissait seule et si, d'autre part, le syndicat d'agriculteurs et l'association des pêcheurs agissaient de façon coordonnée. A fortiori, le coût de construction du grand barrage équipé pour produire l'électricité est moindre que le coût de construction des trois barrages qu'il faudrait édifier si les trois agents devaient mettre en oeuvre, chacun séparément, leurs projets.

¹⁰On notera qu'on dispose de débits suffisants tout au long de l'année pour constituer un stock de 5400 disponible fin mai, pour utilisation en juin, juillet, août et septembre. En effet, compte tenu de la contrainte d'étiage, en mai le solde du débit naturel net des retraits pour irrigation s'élève à $2500 - 500 - 1000 = 1500$. En avril, le respect de la seule contrainte d'étiage permet d'accumuler $3500 - 500 = 3000$. Enfin en mars on peut accumuler $2500 - 500 = 2000$. Ce projet commun des agriculteurs et des pêcheurs est réalisable indépendamment du projet des électriciens qui turbinent 1000 au mois de mars. Il suffit que la retenue commune soit située en aval de celle des électriciens qui restituent l'eau après l'avoir turbinée.

¹¹Là encore le débit naturel est suffisamment élevé pour accumuler un stock de 3000 disponible fin novembre. Compte tenu de la contrainte d'étiage, il est possible de constituer, au cours du mois de novembre un stock de $3500 - 1500 = 2000$, car après turbinage les 1500 qui veulent utiliser les électriciens sont restitués à la rivière de sorte que la contrainte d'étiage est satisfaite, et, au cours du mois d'octobre, un stock de $2000 - 500 = 1500$. La constitution de cette réserve au cours des mois de novembre et d'octobre n'interfère pas avec la constitution de la réserve nécessaire à la réalisation des projets des agriculteurs et des pêcheurs qui a lieu au cours des mois de mars, avril et mai. Il n'y a donc pas de conflit pour l'appropriation de l'eau. C'est ce qui permet une formalisation en termes de pur jeu de coûts de construction de barrages de capacités de retenues différentes et de caractéristiques techniques également différentes.

Le partage des coûts du barrage entre les différents objectifs, pour des fins de tarification ou simplement de transparence, pourrait être réalisé à l'aide des méthodes discutées ci-dessus et présentées de manière plus élaborée dans BMT (2002a).

3 Conclusion

Nous avons développé dans ce rapport un ensemble d'arguments à l'effet que les organisations, entendues au sens large et tant publiques que privées, auraient intérêt à investir des ressources dans l'apprentissage de méthodes de partage de coûts communs plus rigoureuses, plus efficaces, plus équitables et plus incitatives que celles couramment utilisées. Nous croyons qu'un tel investissement contribuerait à la maximisation de la valeur des ressources ou infrastructures communes, qu'elles soient privées ou publiques. Nous avons insisté sur l'importance de cette démarche dans un contexte économique où le développement d'infrastructures communes est omniprésent et conditionne les gains d'efficacité, devenus eux-mêmes la véritable pierre angulaire de la compétitivité.

Nous avons brièvement présenté certaines méthodes de partage de coûts (Shapley-Shubik, nucléole, règle séquentielle, ECPR, Ramsey-Boiteux, GPC). L'étude de ces méthodes, susceptibles de mieux "valoriser" les infrastructures communes, est poursuivie plus en profondeur dans les autres documents de la présente série.¹² Nous avons également caractérisé, tout aussi brièvement, l'application possible de ces méthodes à neuf problèmes ou exemples. Ces exemples sont représentatifs d'un ensemble beaucoup plus vaste d'applications possibles.

En conclusion, nous voudrions insister encore une fois sur le rôle de ces méthodes au sein des organisations. Une bonne compréhension de la nature et des propriétés des diverses règles de partage des coûts, ou encore de partage des bénéfices, peut faciliter la coordination et la coopération des partenaires et l'acceptation par ces derniers d'une règle ou d'un ensemble restreint de règles de partage des coûts ou de tarification d'une infrastructure commune. Dans plusieurs cas, la détermination et l'acceptation d'une règle de partage des coûts communs représentent des freins majeurs à la poursuite d'un projet d'alliance qui pourrait être bénéfique à toutes les parties. La recherche et l'application de règles efficaces, équitables et incitatives, permettraient de réduire sensiblement les conflits explicites ou implicites lors des négociations entre les parties. Ainsi, les règles de partage des coûts, dont nous avons illustré les possibilités d'application dans ce rapport, pourraient s'avérer être non seulement des outils puissants capables de faciliter les négociations entre les parties mais aussi des sources importantes de gains d'efficacité socio-économique.

¹²Voir la liste de ces documents en annexe.

Références

- Armstrong, Mark, Chris Doyle et John Vickers (1996), "The Access Pricing Problem : A Synthesis," PURC-IDEI-CIRANO Conference (Montréal 1995), *The Journal of Industrial Economics*, 44, 131-150.
- Baumol, William J. (1983), "Some Subtle Issues in railroad Regulation," *International Journal of Transport Economics*, 10, 341-355.
- Baumol, William J. et Gregory Sidak (1994), *Towards Competition in Local Telephony*, MIT Press.
- Boiteux, Marcel (1956), "Sur la gestion des monopoles publics astreints à l'équilibre budgétaire," *Econometrica*, 24, 22-40.
- Boyer, Marcel, Moreaux, Michel et Michel Truchon 2002a. "Les méthodes de partage de coûts : un survol", CIRANO 2002RP-18.
- Boyer, Marcel, Moreaux, Michel et Michel Truchon 2002b. "Les méthodes de partage de coûts : propriétés", CIRANO 2002RP-19.
- Boyer, Marcel, Moreaux, Michel et Michel Truchon 2002c. "Les jeux de coûts : définitions et propriétés souhaitables des solutions", CIRANO 2002RP-20.
- Boyer, Marcel, Moreaux, Michel et Michel Truchon 2002d. "Les jeux de coûts : principaux concepts de solution", CIRANO 2002RP-21.
- Boyer, Marcel et Jacques Robert (1998), "Competition and Access in Electricity Markets : ECPR, Global Price Cap and Auctions," in G. Zaccour (ed.), *Deregulation of Electric Utilities*, Kluwer Academic Pub.
- Laffont, Jean-Jacques et Jean Tirole (1994), "Access Pricing and Competition," *European Economic Review*, 38, 1673-1710.
- LeGallo, Véronique (1998), "Compulsory Competitive Tendering : L'expérience britannique," CIRANO 1998RP-06, Montréal.
- Owen, G. (1982), *Game Theory*, San Diego, CA : Academic Press.
- Ramsey, Frank P. (1927), "A Contribution to the Theory of Taxation," *The Economic Journal*, 37, 47-61.
- Sidak, Gregory [editor] (1994), *Reforming Postal Regulation*, American Enterprise Institute, New York.
- Sirois, Charles et Claude Forget (1995), *Le médium et les muses*, Éditions Renouf, Montréal.
- Willig, Robert D. (1979), "The Theory of Network Access Pricing," in H.M. Trebing (ed.) *Issues in Public Policy Regulation*, Michigan State University Press, East Lansing.
- Young, H.P., (1994), "Cost Allocation", in R.J.Aumann et S. Hart, eds, *Handbook of Game Theory, Vol. II*, North Holland : Amsterdam, chap. 34, 1191-1235.

Documents * CIRANO *

sur

Le partage des coûts communs et la tarification des infrastructures

<http://www.cirano.qc.ca/publications/>

- [1] 2002RP-17 Le partage des coûts communs : enjeux, problématique et pertinence
- [2] 2002RP-18 Les méthodes de partage de coûts : un survol
- [3] 2002RP-19 Les méthodes de partage de coûts : propriétés
- [4] 2002RP-20 Les jeux de coûts : définitions et propriétés souhaitables des solutions
- [5] 2002RP-21 Les jeux de coûts : principaux concepts de solution
- [6] 2003RP-04 Le cas des réseaux municipaux souterrains
- [7] 2003RP-05 Partage des coûts dans l'entreprise et incitations
- [8] 2003RP-06 Tarification optimale des infrastructures communes