

CREDEN

CAHIERS DE RECHERCHE

**ACCROISSEMENT DE LA CAPACITE
DE TRANSPORT ELECTRIQUE :
INVESTISSEMENT STRATEGIQUE ?**

Renaud MENARD

Cahier N° 08.09.78

22 septembre 2008

***Centre de Recherche en Economie et Droit de l'Energie
CREDEN - Equipe du LASER***

Université de Montpellier I
Faculté des Sciences Economiques -C.S. 79606
34960 Montpellier Cedex 2, France
Tel. : 33 (0)4 67 15 83 17
Fax. : 33 (0)4 67 15 84 04
e-mail : prenom.nom@univ-montp1.fr

Accroissement de la capacité de transport électrique : Investissement stratégique ?

Renaud Ménard

22 Septembre 2008

Résumé

L'ouverture à la concurrence de l'industrie électrique impose la définition et la mise en œuvre de nouvelles règles. L'une des difficultés que rencontre ce processus est l'élimination des barrières physiques que pose le transport de l'électricité. En effet, à la différence des autres industries de réseau, la non fourniture entraîne un coût très important pour la collectivité. D'autre part, éliminer les barrières juridiques, qui jusqu'alors segmentaient les marchés nationaux, n'aboutira pas à une concurrence efficace si elles sont remplacées par des barrières physiques, donc par une insuffisance de la capacité de transport des interconnexions, cette contrainte se traduisant par des rentes de congestion. Or, il est couramment admis que la diminution de ces rentes nécessite des investissements dans le réseau. Toutefois, nous montrerons qu'un accroissement de la capacité de transport peut provoquer une hausse du montant de ces rentes de congestion. Il se peut donc qu'un investissement ne soit pas réalisé dans un souci d'amélioration du bien-être collectif, mais dans un objectif de maximisation de profit.

Mots clefs : rentes de congestion, investissement en réseau, marché électrique

Introduction

L'économie mondiale connaît, depuis quelques décennies, un vaste mouvement d'intégration régionale. La création de ces vastes ensembles de libre échange, à travers l'instauration d'une concurrence juste et non discriminatoire, a pour principal objectif l'efficacité allocative et productive. Cependant, la production-fourniture de certains biens restait sous contrôle d'un monopole verticalement et horizontalement intégré. Il s'agissait généralement de biens considérés comme des

services publics de réseaux, tels que le transport ferroviaire, les télécommunications, le gaz, l'électricité

Afin d'expliquer cette organisation verticalement intégrée, il faut remonter jusqu'aux années cinquante. A cette époque, la théorie économique était sous l'influence de l'économie publique¹. Or cette pensée théorique justifiait l'intervention publique dans certaines activités, notamment celles qui mettaient à mal la coordination par le marché (**Pigou A.C. [1958]**). Bien que ce type d'organisation ait permis la mise en place d'infrastructures lourdes en capital fixe, appelées « essential facilities », il n'en reste pas moins que l'efficacité économique, avec une telle structure, ait été plus ou moins bien atteinte. Cette structure de monopole horizontalement et verticalement intégré, très critiquée, a finalement été remise en cause. Nous assistons donc, depuis plus de vingt ans, à l'introduction d'une certaine dose de concurrence dans les industries de réseaux, afin que ces dernières puissent tendre vers l'efficacité allocative et productive. L'industrie électrique, qui est une industrie de réseaux, n'échappe pas à cette logique de déréglementation.

Néanmoins, l'introduction d'une concurrence juste et non discriminatoire (ceci se traduisant par une séparation verticale avec le réseau en monopole naturel, voir **Rey P., Tirole J. [2007], Glachant J.M., Lévêque F. [2005]**), dans le secteur électrique, soulève certaines interrogations. Nous pouvons citer, entre autre, les différentes modalités existantes d'organisation de la concurrence, les degrés d'ouverture, les conditions d'accès aux infrastructures de transport, la tarification de l'utilisation de ces dernières, les actions possibles permettant d'éliminer à long terme les diverses contraintes que connaissent ces infrastructures.... Cette liste, bien évidemment, n'est pas exhaustive. Si l'activité de production d'électricité ne pose guère de problèmes (mis à part les problèmes de ressources fossiles non renouvelables²), il n'en est pas de même pour l'activité de transport. Cette dernière est, dans le cas de l'électricité, le prototype de monopole naturel. Une condition suffisante, mais non nécessaire, pour l'obtention d'un monopole naturel, est que l'activité se déroule dans la phase des rendements croissants. Or, les coûts fixes des infrastructures de transport étant énormes, le coût moyen est décroissant sur une très grande échelle. L'activité s'effectue donc dans la phase des rendements croissants. La conséquence directe de cette remarque nous indique qu'une duplication des infrastructures de transport par une nouvelle firme serait inefficace, la nouvelle infrastructure supportant un coût unitaire global plus élevé.

Outre cette considération économique, il faut tenir compte de l'existence de contraintes techniques. Les câbles permettant d'acheminer l'électricité connaissent des contraintes de capacité. Il se peut donc qu'un producteur, éloigné du centre de consommation, ne puisse pas fournir la demande émanant de ce centre, car la capacité de transport est insuffisante : c'est le phénomène dit de congestion, élément

¹ Pour une description des différentes écoles, voir **Lévêque F. [1998]**.

² A l'échelle humaine.

central de notre analyse. A cela, il faut ajouter les deux lois de **Kirchhoff G.**, qui mettent implicitement en avant le fait qu'il est impossible de diriger les flux d'électricité sur un réseau maillé. L'implication directe en économie de cette conséquence est qu'une tarification du service de transport, basée sur la distance, ne peut-être mise en œuvre, la distance contractuelle étant différente de la distance physique réellement parcourue par les flux d'électricité. Les règles de circulation, associées au nécessaire équilibre Offre/Demande à chaque instant, font de l'électricité une industrie à part dans l'univers des réseaux.

L'objet principal de cet article réside dans l'étude des phénomènes de congestion des infrastructures de transport électrique, et notamment les effets qu'induit un accroissement de la capacité de transport. Pour cela, nous développerons une modélisation très stylisée. Néanmoins, nous devons noter que nous ferons abstraction de l'analyse Néo-Institutionnelle. Cette dernière a montré que le dispositif mis en place pour la gestion des actifs composant le réseau (appelé « structure de gouvernance ») était un élément complémentaire à la régulation pour atteindre l'efficacité dans la coordination des différentes activités qui composent les industries de réseau (voir **Glachant J.M., Pérez Y. [2007]**). Cette analyse Néo-Institutionnelle n'est pas totalement absente de notre modèle, mais elle réduite à sa plus simple expression, et elle ne sert pas de pivot dans notre analyse.

Nous allons montrer que le montant des rentes de congestion peut être une fonction croissante de la capacité de transport. Ceci ne signifie absolument pas qu'un investissement en transport entraîne automatiquement une hausse de ce montant. En fait, tout dépend d'une part de la capacité installée, et d'autre part de l'accroissement de capacité dû à l'investissement en transport. Si la capacité installée est inférieure au niveau maximisant le montant des rentes, alors un accroissement unitaire de cette capacité installée va entraîner une augmentation du montant des rentes. Dans ce cas précis, nous pouvons donc en conclure qu'il existe un niveau d'investissement permettant au G.R.T. (ou à l'agent en charge de réaliser cet investissement) de conserver le même montant de rentes de congestion, puisque ce montant est croissant puis décroissant. Par contre, si cette capacité installée est au-delà du niveau maximisant le montant des rentes, alors un accroissement unitaire de celle-ci provoquera une diminution du montant des rentes.

Nous verrons que l'accroissement du montant des rentes de congestion est induit par un phénomène de substitution entre des unités de production onéreuses et « bon marché » (ces dernières remplaçant les premières). En outre, lorsque la substitution prend fin, nous verrons qu'un autre effet peut prendre la relève.

Ce résultat, *a priori* contre intuitif, a une répercussion non négligeable sur l'estimation du comportement des G.R.Ts. En effet, il est avancé que les G.R.Ts n'effectueront pas d'investissement dans le réseau si les rentes de congestion leur reviennent. En d'autres termes, afin de conserver le montant des rentes, ils seront désincités à réaliser les investissements nécessaires. Or, au contraire, il

se peut que les G.R.Ts. soient incités à investir dans le réseau car ils percevront un montant de rentes supérieur. D'autre part, l'obtention d'une capacité optimale, avec des caractéristiques économiques données, est déterminée par l'égalisation du gain marginal avec le coût marginal. En supposant que les G.R.Ts. respectent ce critère de maximisation et qu'il en découle une capacité optimale accroissant le montant des rentes de congestion, pouvons-nous considérer qu'ils ne recherchent que leur propre bénéfice ? Il semble donc que les présomptions de comportement opportuniste de la part des G.R.Ts. ne doivent pas être basées sur l'absence ou non d'investissement dans le réseau.

Nous allons donc examiner les effets d'un investissement en capacité de transport et démontrer ce résultat contre intuitif. Pour cela, nous allons nous appuyer sur le jeu d'hypothèses suivant :

Le réseau étudié est composé de trois nœuds, notés N_1 , N_2 et N_3 . N_1 et N_2 sont reliés par une infrastructure de transport de capacité K_1 , N_2 et N_3 sont reliés par une infrastructure de transport qui par hypothèse ne connaît jamais de problème de saturation.

En fait, ce modèle est composé de deux marchés nationaux qui sont interconnectés par la capacité K_1 . Chaque marché possède un fournisseur de service de transport : le Gestionnaire du Réseau de Transport (G.R.T.). En plus de cette fonction, nous supposons que chaque G.R.T. gère une bourse d'échange obligatoire³. D'autre part, nous supposons que la gestion des flux électriques à court et long terme par les G.R.Ts est parfaitement coordonnée (à ce sujet, **Costello K. [2001]** avance qu'une coordination imparfaite, voire absente, peut-être une solution optimale).

Quant à la tarification du service de transport, nous utilisons la tarification nodale⁴. Notons que l'utilisation d'une telle tarification ne peut généralement pas couvrir l'ensemble des coûts fixes, sauf en cas de réseau fortement sous dimensionné⁵. Néanmoins, nous supposons que les coûts fixes liés à l'activité de transport sont normalisés à zéro, il n'y a donc pas de péage (notons à ce propos que la seule tarification de l'accès ne permet pas de réaliser la coordination entre la localisation des moyens de production et le développement du réseau, voir **Stoft S. [2006]**).

Un centre de consommation, localisé en N_3 (ce nœud appartenant au marché 2), est matérialisé par une fonction de demande $D(P)$.

Nous nous plaçons à long terme, c'est-à-dire que la demande $D(P)$, ainsi que les autres paramètres, sont une estimation à une date T . En outre, nous émettons l'hypothèse qu'il est possible que l'infrastructure supplémentaire due à l'investissement soit effective à cette date T . Enfin, nous supposons qu'il y a n consommateurs, chacun ayant une consommation identique de un kWh. Ces consommateurs se différencient entre eux par des dispositions à payer différentes⁶. Nous admettons

³ Les contrats bilatéraux sont donc interdits.

⁴ Voir l'article fondateur **Schweppe F.C. et al. [1984]**. Pour une présentation simplifiée, voir **Hsu [1997]**.

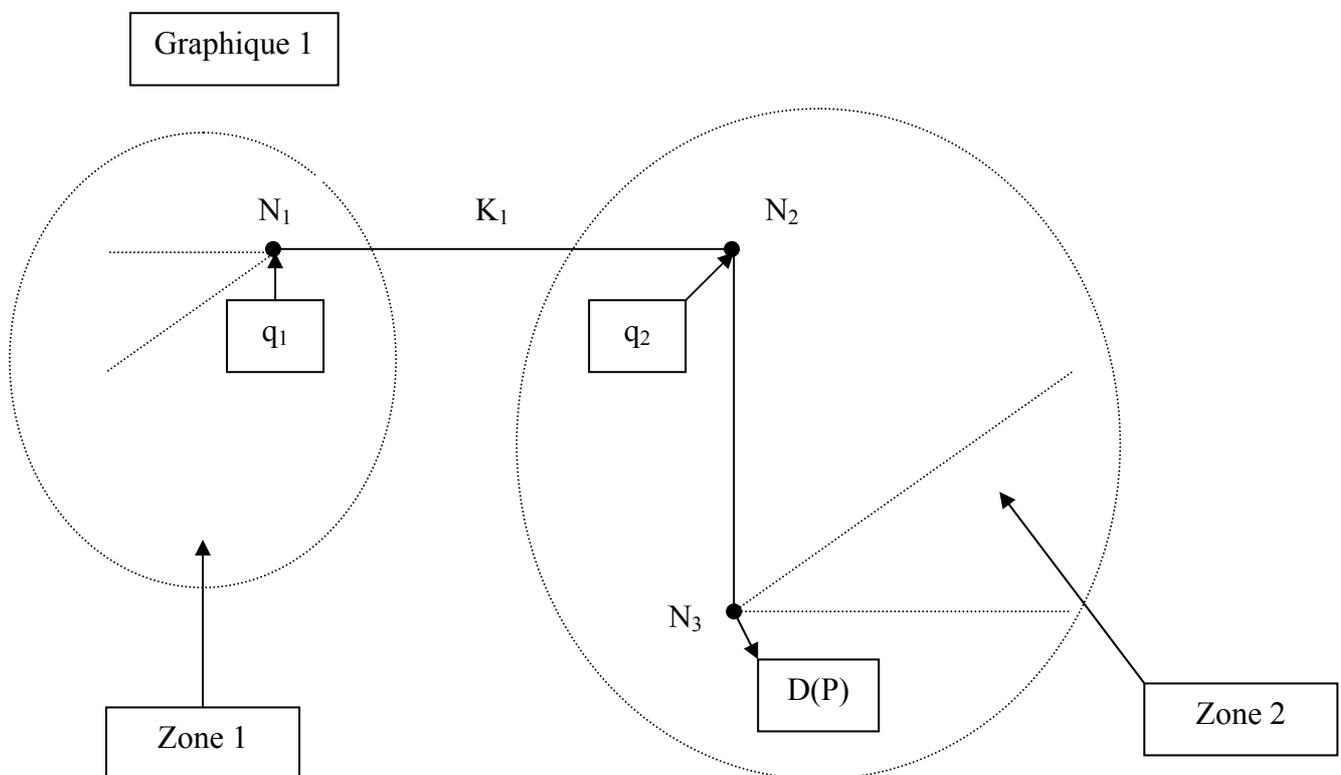
⁵ Voir **Pérez-Arriaga et al. [1995]**.

⁶ Notons qu'à très court terme, la demande d'électricité serait plutôt inélastique. Néanmoins, certains auteurs, comme **Deng S.J. et al. [2001]** introduisent implicitement une élasticité en supposant que les producteurs peuvent soit injecter l'électricité, soit percevoir un remboursement. C'est donc un schéma de tarification prioritaire, une assurance

que ces consommateurs sont fournis par un unique distributeur. Ce dernier représente les consommateurs par l'intermédiaire de la bourse d'échange.

L'offre d'électricité provient de deux producteurs (1,2), le producteur 1 localisé au nœud N_1 , l'autre au nœud N_2 . Nous supposons que le producteur 1 est toujours plus efficace que le producteur 2 pour tout niveau de production. Ces deux producteurs n'ont pas de coûts fixes à supporter, et ne connaissent pas de limitation de production. En outre, nous supposons qu'ils ne subissent aucune contrainte technique telle que, par exemple, le temps de démarrage. Comme pour le distributeur, ces deux producteurs proposent leurs productions sur la bourse. De plus, les offres de type « à prendre ou à laisser » ne sont pas introduites.

Graphiquement :



Les infrastructures en pointillées sur le graphique 1 relient le nœud 3 au reste du réseau historique du producteur 2 (idem pour le nœud 1). Cela signifie que si le producteur 2 localisé au nœud 2 est défaillant, d'autres centrales de ce même producteur pourront fournir la demande du nœud 3 au même prix c_2 .

garantissant le droit d'injection d'électricité à un prix au delà duquel ils sont prêts à accepter une interruption contre un remboursement. Relevons que ces contrats sont différents de ceux des clients dits « interruptibles ». En effet, ces derniers acceptent un arrêt de fourniture d'électricité, s'ils sont prévenus suffisamment à l'avance, non pas à cause d'un prix trop élevé, mais plutôt parce que le G.R.T. anticipe des saturations importantes du réseau.

Ce réseau va nous permettre d'étudier deux cas. Le premier sera défini par un accroissement de la capacité d'interconnexion K_1 . Quant au second, nous supposons qu'une nouvelle interconnexion est réalisée entre les nœuds N_1 et N_3 . Le premier cas nous permettra de mettre en évidence (et expliquer) l'augmentation du montant des rentes de congestion dû à un investissement de transport. Ce résultat se retrouvera dans le second cas.

1. Augmentation de la capacité d'interconnexion K_1

La croissance, ou la décroissance, du montant des rentes de congestion par un investissement unitaire dépend de la capacité d'origine (K_1), nous devons donc considérer différentes capacités de transport installées.

En fait, nous allons montrer que ce résultat peut s'expliquer par un effet de substitution lorsque la capacité d'interconnexion appartient à l'intervalle $[0 ; (c_2 - b)/a]$. D'autre part, lorsque la substitution prend fin, deux effets antagonistes prennent la relève.

1.1 Effet de substitution

Supposons que la capacité K_1 après investissement soit inférieure ou égale à $(c_2 - b)/a$. En fait, s'il n'y avait pas d'interconnexion entre les deux marchés, alors le G.R.T. du marché 2 aurait égalisé la demande du nœud 3 avec la seule offre du producteur 2, ceci aurait donné une quantité d'équilibre égale à $(c_2 - b)/a$ associée à un prix égal à c_2 .

Maintenant, supposons que le producteur du marché 1, donc le producteur 1, veuille participer aux enchères se déroulant sur le marché 2. Il annonce donc au G.R.T. de ce marché qu'il peut fournir des quantités au prix c_1 . Avec une capacité K_1 , le programme de maximisation nous indique que le G.R.T. du marché 2 va acheter des unités au producteur 1 jusqu'à saturation de l'infrastructure K_1 , donc $q^*_1 = K_1$. D'autre part, afin d'égaliser l'offre à la demande, le G.R.T. achètera des unités au producteur 2 (si $K_1 < (c_2 - b)/a$). Ce dernier, étant le producteur marginal, fixe donc le prix d'équilibre. Puisque par hypothèse, il y a absence de comportement opportuniste, le prix nodal au nœud 2 (et au nœud 3) sera égal à c_2 , quant au prix nodal au nœud 1, il sera égal à c_1 . Les prix nodaux entre les marchés 1 et 2 sont donc différents, il y a apparition de rentes de congestion d'un montant égal à la différence des prix nodaux par la capacité d'interconnexion K_1 , soit $(c_2 - c_1)K_1$. Ce montant est supposé être partagé équitablement entre les deux G.R.Ts.

Comme les quantités d'équilibre avant l'investissement unitaire sont $q^*_1 = K_1$; $q^*_2 = [(c_2 - b)/a] - K_1$, nous pouvons remarquer qu'une augmentation unitaire de K_1 entraînera une baisse d'une unité de la quantité q_2 et un accroissement unitaire de la quantité q_1 . Une augmentation de la capacité n'a aucun

effet sur la quantité d'équilibre, donc sur le prix, et donc sur le surplus net des consommateurs, du moment que la capacité après investissement soit au maximum égale à $(c_2 - b)/a$. Cependant, cet accroissement unitaire de la capacité de transport permet au G.R.T. du marché 2 de substituer une unité du producteur 2 par une unité du producteur 1. Donc, si une variation unitaire de la capacité ne produit aucun effet sur le surplus net des consommateurs, elle permet par contre au G.R.T. du second marché de diminuer son coût total d'achat d'électricité. Comme sa recette, égale à $P(Q^*)Q^*$, ne varie pas (puisque $dQ = dq_1 + dq_2 = 0$), alors son profit augmente.

Intuitivement, avec un réseau de transport procurant des rentes de congestion, nous pensions qu'un accroissement de la capacité de transport permettrait de diminuer ces rentes. Or, sous certaines hypothèses, c'est l'effet contraire qui se produit.

Expliquons ce phénomène contre intuitif : supposons que l'infrastructure de transport soit indisponible. Le G.R.T. du second marché n'a d'autre choix que d'appeler le producteur le moins efficace (le producteur 2 de notre modèle) afin d'égaliser l'offre à la demande. Puisque ce producteur vend son électricité à son coût marginal c_2 , le prix nodal du nœud 2 est donc égal à c_2 . Pour un tel prix, l'égalité entre offre et demande implique une quantité d'équilibre égale⁷ à $(c_2 - b)/a$. Comme le G.R.T. n'achète aucune unité au producteur 1, il n'y a pas de rentes de congestion.

Maintenant, supposons que l'infrastructure ne permette le passage que d'une unique unité du producteur 1. Le principe de maximisation du bien-être collectif « oblige » le G.R.T. à acheter cette unique unité au prix c_1 (afin de minimiser⁸ le coût d'achat en électricité). Mais afin d'égaliser l'offre à la demande, il achète donc le reste⁹ au producteur 2. Comme pour l'équilibre précédent, le prix nodal au nœud 2 sera dicté par le coût marginal du producteur 2, donc sera égal à c_2 . Or, la demande en N_3 pour un tel prix est encore une fois égale à $(c_2 - b)/a$. Ces deux équilibres sont donc égaux en terme de prix et de quantité, mais ne sont pas équivalents. En effet, la répartition des quantités produites entre ces deux équilibres est différente. Dans le premier, la quantité $(c_2 - b)/a$ était fournie par le seul producteur 2, alors que pour le deuxième équilibre, la quantité $(c_2 - b)/a$ est le fruit d'une unité du producteur 1 et le reste par le producteur 2 ($q_2 = [(c_2 - b)/a] - 1$). Entre ces deux équilibres, il y a eu substitution, une unité « bon marché » a remplacé une unité onéreuse. Puisqu'il y a eu substitution d'une unité, le G.R.T. réalise une économie de $c_2 - c_1$. Des rentes de congestion apparaissent pour un montant¹⁰ de $c_2 - c_1$.

⁷ En effet, la fonction de demande inverse étant $P(Q) = b + aQ$, alors si $P(Q) = c_2$, nous obtenons $b + aQ = c_2$, d'où $Q^* = (c_2 - b)/a$.

⁸ En effet, pour un nombre total Q unités achetées, le G.R.T. peut intégralement se fournir auprès du producteur 2, et donc supporter un coût d'achat égal à Qc_2 . Mais il peut aussi utiliser l'infrastructure à son maximum, qui est d'une unité ici, donc acheter au producteur 1 une unité au prix c_1 et compléter son achat par $(Q - 1)$ au prix c_2 . Mais comme par hypothèse $c_1 < c_2$, alors $c_1 + (Q - 1)c_2 < Qc_2$, d'où une économie de $c_2 - c_1$.

⁹ Ce reste pourrait être nul si la demande totale au prix c_1 était égale à une unité.

¹⁰ Rappelons que l'élimination des rentes de congestion nécessite une capacité d'infrastructure telle que le G.R.T. puisse fournir l'ensemble de la demande au prix c_1 , ce qui se traduit par une capacité minimale égale à $(c_1 - b)/a$. Donc tout

Maintenant, supposons que le G.R.T. ne puisse acheter que deux unités au producteur 1 et qu'il soit obligé d'égaliser l'offre et la demande en appelant le producteur 2. Ce troisième équilibre est égal aux deux autres, mais la répartition des quantités fournies est, cette fois encore, différente. Par rapport au deuxième équilibre, le G.R.T. a de nouveau remplacé une unité onéreuse par une unité « bon marché ». Donc le passage d'une unité de transport à deux unités permet au G.R.T. de recevoir un supplément de $c_2 - c_1$, celui-ci s'ajoutant au montant des rentes de congestion (qui était de $c_2 - c_1$). Si nous continuons ce processus d'ajout d'unité de capacité de transport, nous allons aboutir à un équilibre où la substitution prendra fin. En effet, à chaque nouvelle unité de transport, le G.R.T. ôte une unité au producteur 2 et la remplace par une unité du producteur 1 jusqu'à ce que la production demandée au producteur 2 soit nulle (donc quand la capacité de transport sera égale à $(c_2 - b)/a$). En effet, avec une telle capacité de transport, en achetant $(c_2 - b)/a$ unités au producteur 1 au prix c_1 par unité et en confrontant cette quantité à la demande inverse $P(Q)$, le G.R.T. détermine le prix d'équilibre qui est donc égal à c_2 , le coût marginal du producteur 2, ce dernier étant alors exclu du marché de la production. Relevons que le G.R.T. pourrait acheter une unité en moins au producteur 1 et une unité supplémentaire au producteur 2, mais alors le bien-être collectif serait réduit. Dans ce cas précis, il n'y aurait plus de rentes de congestion puisque l'infrastructure ne serait plus utilisée à son maximum, et les prix nodaux seraient tous égaux au coût marginal du producteur 2. Le producteur 1 réaliserait donc un surprofit de $c_2 - c_1$ par unité vendue, donc un surprofit total de $(c_2 - c_1)\{[(c_2 - b)/a] - 1\}$. Mais les rentes de congestion représentent le surprofit des G.R.Ts. Or, puisqu'il n'y a plus de rentes, les G.R.Ts perdent $(c_2 - c_1)[(c_2 - b)/a]$. Nous voyons donc que le montant du surprofit ne compense que partiellement la perte des rentes, le surplus de la collectivité n'est donc pas à son optimum.

Inversement, nous pourrions imaginer que le G.R.T. achète des unités au producteur 1 jusqu'à saturation de l'infrastructure ($q^*_1 = (c_2 - b)/a$) et qu'il achète une unité au producteur 2. Dans ce cas, la quantité d'équilibre, qui était jusqu'alors égale à $(c_2 - b)/a$, s'accroît d'une unité. Or, le prix d'équilibre sera inférieur¹¹ à c_2 . Donc, le G.R.T. valorisera les unités du producteur 1 à un prix inférieur à celui qui aurait été obtenu sans l'achat de l'unité supplémentaire au producteur 2. D'autre part, il valorisera l'unité achetée au producteur 2 à un prix inférieur à son coût d'achat, ce qui représente une perte. Le bien-être collectif ne sera pas à son maximum.

Finalement, en supposant une capacité de transport installée (K_1) inférieure à $(c_2 - b)/a$, tout investissement en transport ne permettant pas à cette capacité de dépasser le niveau $(c_2 - b)/a$ provoquera une augmentation du montant des rentes de congestions, l'accroissement de ce montant par unité additionnelle de transport étant égal à $c_2 - c_1$, terme constant et positif (qui représente les

investissement ne permettant pas d'atteindre ce niveau impliquera une utilisation totale de la capacité de transport additionnelle, et donc des rentes de congestion seront présentes.

¹¹ En effet, la quantité d'équilibre sera égale à $Q^* = [(c_2 - b)/a] + 1$, d'où le prix d'équilibre $P(Q^*) = c_2 + a < c_2$.

rentes marginales). Mais il faut bien comprendre que cet accroissement du montant des rentes de congestion n'est pas financé par les consommateurs¹². En effet, malgré l'investissement unitaire, ils achètent encore la même quantité (soit $Q^* = (c_2 - b)/a$) pour un même prix (soit $P^* = c_2$). C'est la substitution, que permet l'investissement, qui explique l'accroissement du montant des rentes.

Nous venons donc de montrer pourquoi le montant des rentes de congestion est fonction croissante de la capacité, lorsque cette dernière appartient à l'intervalle $[0 ; (c_2 - b)/a]$. La substitution qui s'opère entre les productions grâce à une augmentation unitaire de la capacité de transport entraîne un accroissement du montant des rentes égal à $c_2 - c_1$. Bien que cet accroissement représente une économie, donc un gain pour la collectivité, seuls les G.R.Ts. en bénéficient. Que se passe-t-il si la capacité avant (ou après) investissement est supérieure à ce seuil ?

1.2 Effet prix versus effet quantité

Supposons maintenant que la capacité installée, K_1 , soit égale à $(c_2 - b)/a$. Avec une telle capacité avant tout investissement, le G.R.T. du second marché retient les quantités d'équilibre suivantes : $q_1^* = K_1 ; q_2^* = 0$. La quantité d'équilibre est donc $Q^* = K_1 = [(c_2 - b)/a]$, et donc le prix d'équilibre est $P(Q^*) = c_2$. Mais avec une telle capacité installée, une augmentation unitaire de cette dernière produira une variation positive de la quantité d'équilibre, et donc une diminution de prix. Nous sommes dans le cas où la substitution n'est plus possible si nous accroissons la capacité de transport (le producteur 2 ne peut fournir une quantité négative). En effet, supposons que la capacité avant investissement soit égale à $(c_2 - b)/a$ et qu'un investissement unitaire soit réalisé. Nous obtenons une capacité égale à $K_1 + 1 = [(c_2 - b)/a] + 1$. Le G.R.T. retiendra les quantités d'équilibre suivantes $q_1^* = K_1 + 1 ; q_2^* = 0$. D'où $Q^* = K_1 + \Delta K = K_1 + 1 ; P(Q^*) = P(K_1 + \Delta K) = c_2 + a < c_2$ (a étant un paramètre négatif).

Toutefois, comme le G.R.T. achète $K_1 + \Delta K (= K_1 + 1)$ unités au seul producteur 1, il réalise donc un surprofit, puisqu'il achète au prix c_1 par unité et revend aux consommateurs au prix¹³ $c_2 + a > c_1$ (ce prix permettant d'égaliser l'offre à la demande).

La question qui se pose naturellement est de savoir si le montant des rentes de congestion augmente ou diminue. En fait, nous savons que lorsque $K_1 \in]0 ; (c_2 - b)/a]$, le montant des rentes de congestion est égal à $RC(K_1) = (c_2 - c_1)K_1$. Puisqu'il n'y a plus de substitution, nous pourrions croire que tout investissement unitaire, à partir d'une capacité égale à $(c_2 - b)/a$, provoquerait une baisse du montant des rentes de congestion. Néanmoins, nous allons montrer que si la différence d'efficacité entre les

¹² Si cela n'était pas le cas, l'accroissement du montant des rentes pour une quantité consommée identique se traduirait par une baisse du surplus des consommateurs, donc une perte pour la collectivité. Or ici, il s'agit bien d'un gain pour la collectivité, bien que celui-ci soit récupéré par les G.R.Ts.

¹³ Sauf si $c_2 - c_1 = a$, et donc les rentes sont nulles.

producteurs est « importante », alors un autre effet prend la relève. En fait, celui-ci peut-être décomposé en deux effets antagonistes. Le premier, que nous appelons « effet prix », a une action négative sur le montant des rentes. Supposons que la capacité soit égale à $(c_2 - b)/a$. Nous venons de voir que pour $\Delta K = 1$, alors $\Delta Q^* > 0$ et donc $\Delta P^* < 0$. D'autre part, supposons que pour un tel investissement, l'infrastructure entraîne des rentes¹⁴ (donc si $[(c_2 - b)/a] + 1 < (c_1 - b)/a$). Il faut remarquer que pour tout niveau d'infrastructure appartenant à l'intervalle $]0 ; (c_2 - b)/a]$, le montant des rentes est égal à la différence des prix nodaux : $RC(K_1) = (P^*_2 - P^*_1)K_1 = (c_2 - c_1)K_1$, différence constante quelle que soit la capacité appartenant à cet intervalle. Mais dès que la capacité de l'infrastructure appartient à l'intervalle $[(c_2 - b)/a ; (c_1 - b)/a[$, alors pour tout $\Delta K = 1$, nous avons une diminution de P^*_2 . Cette baisse du prix d'équilibre entraîne donc une moindre valorisation des unités achetées (au prix c_1) par le G.R.T. lorsque ce dernier les revend. Ceci signifie que les K_1 unités ne rapporteront plus que $(P^*_2(K_1 + \Delta K) - c_1)K_1$ (avec $\Delta K = 1$) au lieu de $(c_2 - c_1)K_1$. « L'effet prix » sera donc égal à $(c_2 - P^*_2(K_1 + \Delta K))K_1$.

Le second, que nous appelons « effet quantité » a, par contre, une action positive sur le montant des rentes. Puisqu'un investissement unitaire, à partir d'une capacité égale à $(c_2 - b)/a$, n'élimine pas les rentes de congestion (par hypothèse), le G.R.T. valorise donc une nouvelle unité au prix $P^*_2(K_1 + \Delta K) - P^*_1$, cette valorisation étant bien évidemment plus faible que celle entraînée par substitution. « L'effet quantité » sera donc égal à $(P^*_2(K_1 + \Delta K) - P^*_1)\Delta K$. Il devient évident que la variation du montant des rentes de congestion lors d'un investissement unitaire dépendra de l'effet global (somme de ces deux effets antagonistes). En dernier lieu, plus la différence d'efficacité¹⁵ entre les producteurs est importante, plus « l'effet prix » sera faible, alors que « l'effet quantité » sera croissant.

1.3 Evolution du montant des rentes de congestion

Précédemment, nous avons montré que l'effet de substitution engendrait une augmentation de $c_2 - c_1$ du montant des rentes de congestion par unité supplémentaire d'infrastructure. Or, nous avons vu que cette substitution prenait fin lorsque la capacité de transport atteignait le seuil de $(c_2 - b)/a$. Donc, sur un intervalle de capacité $]0 ; (c_2 - b)/a]$, le montant des rentes est à son maximum (noté K_1^{\max}) lorsque $K_1 = (c_2 - b)/a$. Mais il faut remarquer que lorsque la capacité K_1 est égale à $(c_2 - b)/a$, alors

¹⁴ Rappelons que l'existence de rentes de congestion dans ce modèle est conditionnée par un facteur. Le G.R.T. est obligé de vendre l'électricité à un prix strictement supérieur à celui auquel il l'a achetée, afin d'équilibrer l'offre à la demande. Ce facteur est une condition nécessaire et il implique donc un taux d'utilisation (qui peut-être défini arbitrairement) de l'infrastructure égal à 100%.

¹⁵ Précisons ce que nous entendons par différence d'efficacité « importante ». Pour c_2 donné, si nous réduisons c_1 , alors nous augmentons la différence d'efficacité. Mais dans ce cas précis, « l'effet prix » ne varie pas (par contre, « l'effet quantité s'accroît »). A l'opposé, si nous fixons c_1 et que nous augmentons c_2 , alors « l'effet prix » se réduit (« l'effet quantité » augmente).

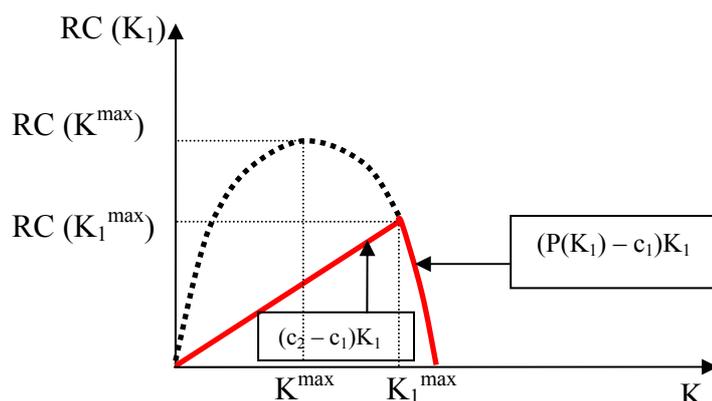
$RC(K_1^{\max}) = (c_2 - c_1)K_1^{\max} = (P(K_1^{\max}) - c_1)K_1^{\max}$, avec $P(\cdot)$ la fonction de demande inverse¹⁶. Donc à partir d'une capacité $K_1 = (c_2 - b)/a$, l'évolution des rentes est décrite par la fonction suivante $RC(K_1) = (P(K_1) - c_1)K_1$. La dérivée en K_1 de l'expression ci-dessus est :

- $$\frac{dRC(K_1)}{dK} = \frac{dP(K_1)}{dK} K_1 + P(K_1) - c_1.$$

Premièrement, l'expression ci-dessus nous indique que le montant des rentes est croissant puis décroissant en fonction de la capacité (la dérivée seconde, égale à $2a$, est négative). Deuxièmement, le montant des rentes atteint ici un maximum pour un niveau de capacité (noté K^{\max}) égal à $(c_1 - b)/(2a)$. Or, nous avons annoncé que, grâce au phénomène de substitution, le montant des rentes était maximal pour une capacité $K_1^{\max} = (c_2 - b)/a$. Il faut donc savoir si K^{\max} est inférieure ou supérieure à $(c_2 - b)/a$. En effet, si K^{\max} est inférieure à $(c_2 - b)/a$, alors K^{\max} appartient à l'intervalle $]0 ; (c_2 - b)/a]$. Or, le montant des rentes de congestion dans cet intervalle est décrit par $(c_2 - c_1)K_1$ et non par $(P(K_1) - c_1)K_1$. Donc, K^{\max} ne peut pas maximiser le montant des rentes dans ce cas, et donc K_1^{\max} maximise le montant des rentes¹⁷. Par contre, si K^{\max} est supérieure à $(c_2 - b)/a$, alors cette fois-ci, cette capacité maximise le montant des rentes.

Graphiquement, l'évolution des montants de congestion si K^{\max} est inférieure est :

Graphique 2

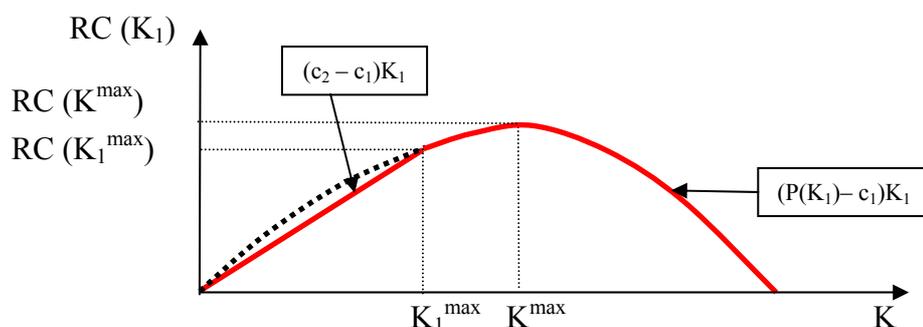


¹⁶ $P(K_1) = b + aK_1$.

¹⁷ Notons que l'évolution du montant des rentes sur l'intervalle $]0 ; (c_1 - b)/a]$ est bien croissante puis décroissante en fonction de la capacité de transport (et donc passe par un maximum K_1^{\max}). Néanmoins, le point dérivée de $(c_2 - c_1)K_1$ en $K_1 = (c_2 - b)/a$ n'est pas égal à 0, mais à $c_2 - c_1$ qui est positif. Mais un accroissement infinitésimal induira des rentes marginales négatives. Ce résultat est en fait dû au changement de la fonction décrivant l'évolution du montant des rentes. Donc, en $(c_2 - b)/a$, le montant des rentes est à son maximum, et donc nous dirons, de manière « abusive », que le montant marginal des rentes est nul.

L'évolution du montant des rentes est décrite par la partie rouge du graphique 2. La courbe en pointillée sur le graphique représente la fonction $(P(K_1) - c_1)K_1$. Par contre, si K^{\max} est supérieure alors graphiquement nous avons :

Graphique 3



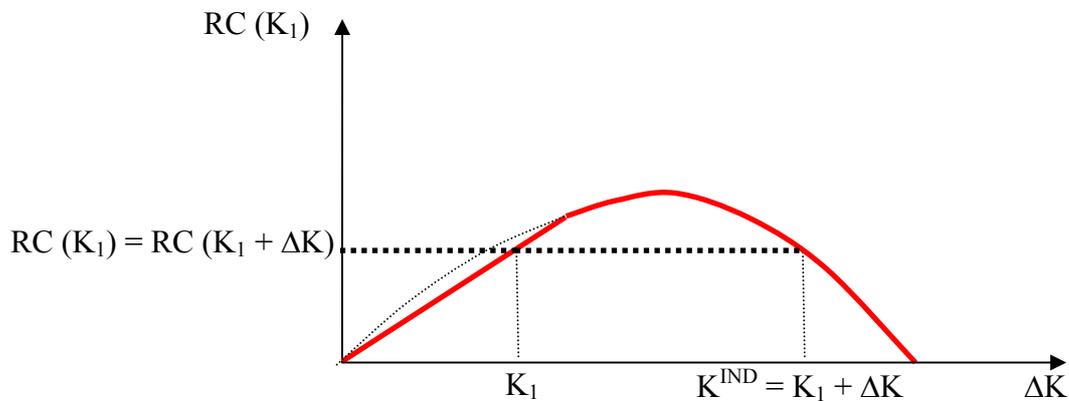
L'évolution des rentes est, ici aussi, décrite par la courbe en rouge sur le graphique. Les deux cas exposés ci-dessus peuvent être rencontrés, car ils sont dépendants des différents paramètres du modèle. En effet, supposons que K^{\max} soit supérieure à $(c_2 - b)/a$, alors :

- $\frac{c_1 - b}{2a} > \frac{c_2 - b}{a} \Leftrightarrow c_1 - b < 2c_2 - 2b \Leftrightarrow c_1 + b < 2c_2$.

Si la condition ci-dessus est vérifiée¹⁸, alors le passage d'une capacité K_1^{\max} à K^{\max} entraînera une augmentation du montant des rentes et donc, une capacité de K^{\max} maximise le montant de ces rentes. Finalement, cette évolution du montant des rentes a une conséquence non négligeable en terme d'investissement. En effet, supposons que la capacité installée (K_1) soit inférieure à $(c_2 - b)/a$, alors un investissement unitaire accroîtra le montant des rentes. Si nous continuons d'ajouter des unités de transport, nous atteindrons la capacité le maximisant. Si l'investissement unitaire se poursuit, alors les rentes marginales seront négatives, c'est-à-dire que le montant des rentes induit par une augmentation unitaire de la capacité de transport diminuera. En continuant l'ajout d'unité de transport, le montant des rentes après investissement égalisera celui d'origine (donc obtenu avec une capacité K_1). Nous pouvons en conclure qu'il existe un investissement (ΔK) permettant aux G.R.Ts. de conserver le même montant de rentes, soit $RC(K_1) = RC(K_1 + \Delta K)$. Graphiquement, nous indiquons le niveau de capacité, noté K^{IND} (IND pour Indifférent), qu'il faille atteindre afin de conserver le même montant de rentes.

¹⁸ Remarquons que cette condition sera vérifiée si la différence d'efficacité entre les deux producteurs est « importante ».

Graphique 4



Nous avons utilisé le graphique de l'évolution des rentes lorsque la condition $2c_2 > c_1 + b$ est vérifiée. Nous aurions pu utiliser l'autre type d'évolution des rentes, le résultat aurait été identique, sauf que la capacité K^{IND} aurait été différente, puisque les paramètres du modèle auraient été changés. Analytiquement, cette capacité K^{IND} est la solution de l'expression suivante :

- $(c_2 - c_1)K_1 = (P(K^{IND}) - c_1)K^{IND} = bK^{IND} + a(K^{IND})^2 - c_1K^{IND}.$

Nous obtenons donc :

- $$K^{IND} = \frac{-(b - c_1) - \sqrt{(b - c_1)^2 - 4a(c_1K_1 - c_2K_1)}}{2a}.$$

Finalement, pour qu'un investissement en infrastructure diminue le montant des rentes de congestion prévalant avant investissement (si la capacité d'origine est inférieure à celle maximisant le montant des rentes), il faut donc que la nouvelle capacité soit supérieure à K^{IND} .

Rappelons que les rentes de congestion disparaissent pour une capacité égale à $(c_1 - b)/a$, c'est-à-dire le point d'intersection entre la fonction de demande inverse et le coût marginal du producteur 1. En effet, K doit être telle que : $RC(K) = 0$, donc $(P(K) - c_1)K = 0$, soit $(b + aK - c_1)K = 0$. Cette dernière expression est vraie¹⁹ pour $K = 0$ ou $K = (c_1 - b)/a$, ce qui nous donne : $P(K = (c_1 - b)/a) = c_1$.

Intéressons nous maintenant à l'évolution du surplus net des consommateurs lors d'un accroissement de la capacité de transport. Nous avons vu précédemment que si l'investissement ne permettait pas à la

¹⁹ Si $K_1 = 0$, alors il n'y a pas de rentes de congestion puisque le G.R.T. est obligé d'acheter toute l'électricité au producteur 2. Donc il achète q_2^* au prix c_2 par unité, et revend q_2^* au prix c_2 .

capacité de dépasser le seuil $(c_2 - b)/a$, alors cet investissement n'avait aucun effet sur le surplus net des consommateurs. Or, nous venons de voir que lorsque la capacité avant investissement était égale à $(c_2 - b)/a$, alors tout accroissement unitaire de cette capacité provoquait une diminution du prix d'équilibre, associée à une augmentation de la quantité d'équilibre. Donc, le surplus net des consommateurs s'accroît. L'augmentation de la capacité de transport induit une diminution du prix d'équilibre (passage de c_2 à $P(K_1 + \Delta K)$). La valorisation des unités d'infrastructure diminue donc, et le total de cette baisse est de $(c_2 - P(K_1 + \Delta K))K_1$ (« effet prix »). Nous retrouvons ici l'effet attendu d'un investissement ayant comme objectif une lutte contre la rareté. Ici, c'est la capacité de transport qui est la ressource rare. Or, un investissement provoque une diminution du coût unitaire de la rareté. Notons que puisque cette baisse est parfaitement compensée par l'augmentation du surplus net des consommateurs, l'effet global sur le surplus collectif est nul. Mais nous avons aussi « l'effet quantité ». En fait, tant que la capacité de transport ne permet pas une élimination des congestions, l'infrastructure reste donc une ressource rare. Donc, tout accroissement unitaire de celle-ci, bien que permettant de réduire cette rareté relative, fait apparaître une unité supplémentaire valorisée comme une unité « rare ». Or, si la condition précédemment énoncée est vraie ($2c_2 > c_1 + b$), alors le montant global des rentes s'accroîtra (si, bien évidemment, la capacité après investissement, soit $K_1 + \Delta K$, est inférieure au niveau maximisant le montant des rentes, soit K^{\max}).

Finalement, les effets d'une augmentation de la capacité de transport dépendent de la capacité d'origine, de l'accroissement de la capacité, et des différents paramètres. Nous avons vu que le surplus net des consommateurs n'augmente pas nécessairement, et que le montant des rentes de congestion ne diminue pas forcément. Par contre, le bien-être collectif²⁰ s'accroît dès que la capacité de transport augmente, et donc tout investissement en infrastructure de transport est bénéfique pour la collectivité. Enfin, notons que cette analyse a été réalisée sans tenir compte du coût de construction de la capacité additionnelle.

1.4 Investissement optimal versus investissement stratégique

Le terme d'investissement optimal fait référence à un investissement dont l'objectif est la maximisation du bien-être collectif par opposition à l'investissement stratégique qui lui recherche la maximisation du profit des agents le réalisant.

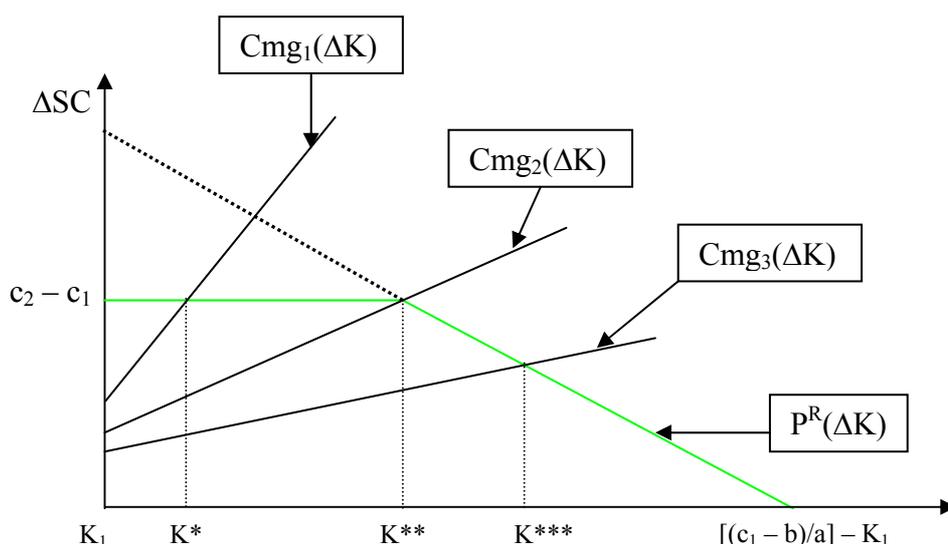
Bien que nous ayons normalisé à zéro les coûts fixes de l'activité de transport afin de simplifier l'analyse, ne pas tenir compte du coût de construction soulèverait deux problèmes. Le premier serait

²⁰ Notons que mathématiquement, l'évolution du bien-être collectif marginal, lorsque $K_1 = (c_2 - b)/a$, est décrite par la fonction de demande inverse résiduelle, notée $P^R(\Delta K)$, telle que : $P^R(\Delta K) = b + aK_1 + a\Delta K - c_1$.

une surestimation du gain en surplus collectif imputable à cet investissement (puisque'il n'y a pas de coût induit par l'accroissement de la capacité de transport, alors nous sommes en présence d'un gain brut), et le deuxième serait l'impossibilité de déterminer la capacité additionnelle optimale. En effet, la théorie économique nous enseigne que l'investissement optimal doit être tel que le gain marginal (le bien-être collectif marginal) égale le coût marginal. Puisque nous travaillons sur l'investissement en moyen de transport, donc sur la taille optimale à atteindre, nous nous plaçons à long terme, et les coûts fixes deviennent variables. D'autre part, nous supposons que la fonction de coût de l'activité de transport est convexe, afin d'introduire un coût marginal de construction de transport. En effet, pour des réseaux de grande taille, la construction d'une nouvelle infrastructure se heurte à deux principaux problèmes. Le premier trouve son origine dans la difficulté croissante de créer une nouvelle ligne électrique. Par exemple en France, dans la vallée du Rhône où le réseau est déjà très important, tout projet d'investissement en infrastructure semble extrêmement difficile, voire impossible. Le second prend sa source dans la montée de la contestation citoyenne sur des projets dégradant l'environnement²¹.

Si nous insérons dans le graphique représentant l'évolution du surplus collectif marginal le coût marginal, alors nous obtenons trois cas possibles, notés K^* , K^{**} , K^{***} , suivant la pente du coût marginal.

Graphique 5



Comme le montre le graphique 5, si la capacité optimale est en K^* , alors cet investissement produira un accroissement du surplus collectif correspondant à l'augmentation des rentes de congestion (la

²¹ Voir l'article **Merlin A., Kowal J. [1994]**.

couleur verte représente le gain marginal). En effet, la capacité additionnelle est insuffisante pour que le G.R.T. du second marché puisse se passer du producteur 2. Pouvons-nous accuser les G.R.Ts. de comportement opportuniste, sachant que cet investissement respecte le critère d'optimalité, mais que le gain qu'il procure est intégralement récupéré par les G.R.Ts. sous forme d'une hausse du montant des rentes ?

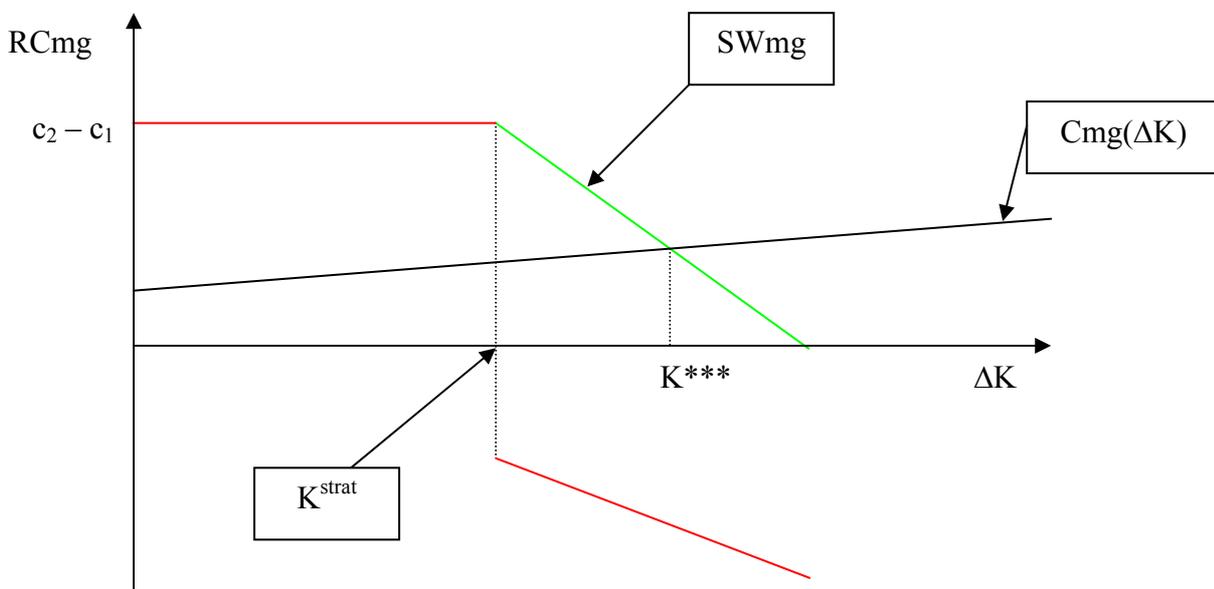
Si la capacité est en K^{**} , alors le résultat est identique à celui énoncé précédemment, à la seule différence que le montant des rentes atteindra son maximum²².

Si la capacité est en K^{***} , alors le surplus collectif s'accroît, mais cet accroissement est bénéfique aux consommateurs²³.

D'autre part, la capacité optimale K^{***} est déterminée par l'égalisation du gain collectif marginal avec le coût marginal, ce qui correspond à une maximisation du surplus collectif, mais non à une maximisation du profit. Or, si les G.R.Ts recherchent la maximisation du montant des rentes de congestion, ils vont réaliser un investissement stratégique en se basant sur l'évolution des rentes marginales, et non sur l'évolution du gain collectif marginal.

Graphiquement, lorsque la différence entre les coûts marginaux des deux producteurs est « faible », les rentes marginales en rouge sont :

Graphique 6



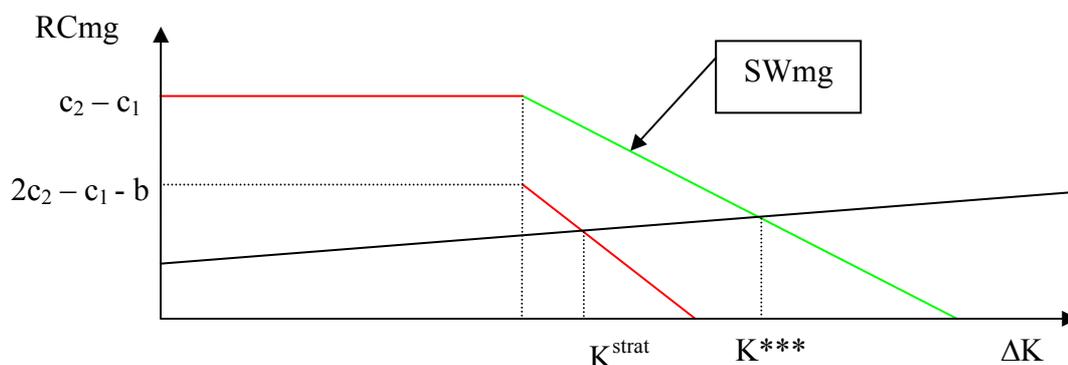
²² Si la condition $2c_2 > c_1 + b$ n'est pas vérifiée.

²³ Si la condition $2c_2 > c_1 + b$ est vérifiée, alors il est possible que le montant des rentes s'accroissent aussi.

Comme le montre le graphique, l'investissement stratégique (K^{strat}) n'égalise ni les rentes marginales et le coût marginal, ni le gain collectif marginal et le coût marginal. Ce résultat provient de la non continuité de la fonction représentant les rentes marginales. En effet, pour un accroissement appartenant à l'intervalle $]0 ; [(c_2 - b)/a] - K_1]$, les rentes marginales sont égales à $c_2 - c_1$, montant constant et positif (correspondant aussi à l'accroissement du surplus collectif). Par contre, de $] \{(c_2 - b)/a\} - K_1 ; \{(c_1 - b)/a\} - K_1]$ les rentes marginales sont égales à $2aK + b - c_1$, expression négative pour $K = (c_2 - b)/a$ et si $2c_2 < b + c_1$. Il y a donc une discontinuité. Si les G.R.Ts maximisent le bien-être collectif, alors ils construiront K^{***} et donc les rentes marginales seront négatives. Si par contre, ils adoptent un comportement stratégique, ils réaliseront une infrastructure de la taille K^{strat} et maximiseront le montant des rentes de congestion, sans toutefois se situer à l'optimum économique qui aurait nécessité l'égalisation avec le coût marginal.

Si la différence entre les coûts marginaux des producteurs est « importante », alors l'évolution des rentes marginales est :

Graphique 7



Cette fois-ci, les G.R.Ts peuvent réaliser une infrastructure stratégique égalisant les rentes marginales au coût marginal. Toutefois, la pente du coût marginal peut être telle que l'égalisation soit impossible. C'est le cas lorsque le coût marginal est compris entre $]2c_2 - c_1 - b ; c_2 - c_1[$ pour $K = (c_2 - b)/a$. Dans ce cas, les G.R.Ts réaliseront une infrastructure stratégique telle que $K = (c_2 - b)/a$. Le point important est que dans les deux cas, les G.R.Ts peuvent réaliser une infrastructure stratégique, cette dernière étant inférieure à celle maximisant le bien-être collectif (sauf si l'égalisation du surplus collectif marginal avec le coût marginal se réalise pour une infrastructure comprise entre $]K_1 ; (c_2 - b)/a]$.

Néanmoins, le problème de ce modèle est que l'estimation des données économiques doit provenir de l'année de mise en service de l'infrastructure, ce qui nécessite une évaluation fort complexe puisque de nombreux éléments doivent être pris en compte, notamment des investissements en moyen de production qui peuvent entraîner une modification dans la répartition des flux d'électrons. Ce sera d'ailleurs l'un des problèmes fondamentaux auquel devront faire face les marchés électriques ouverts à la concurrence. En effet, dans l'ancienne structure verticalement intégrée, l'optimisation de l'industrie électrique était une optimisation globale, c'est-à-dire que les investissements en infrastructure, ainsi que ceux en moyen de production, étaient coordonnés par une seule et même entité (pour les problèmes de coordination des investissements en réseau et en production, voir **Joskow P. [2006]**). Cette coordination interne devrait être normalement retrouvée grâce au marché, à travers les signaux transmis par les prix. C'est pour cette raison que la tarification nodale est un chaînon important, car elle permet la transmission de signaux corrects, même si les prix nodaux peuvent être manipulés par un producteur exerçant un pouvoir de marché local²⁴. De plus, un investissement est un acte qui engage la firme sur plusieurs années et donc, ne prendre en compte que le bénéfice marginal obtenu sur une année, à la place de celui estimé sur la durée de vie de l'investissement, ne ferait que sous-estimer la valeur bénéfique d'un tel projet. Il faut donc évaluer ce gain marginal sur la même durée. D'autre part, nous n'avons pas introduit de variation temporelle de la demande. Or, un investissement en infrastructure de transport peut, certes accroître le montant des rentes de congestion durant les heures les plus chargées, mais en même temps, peut permettre l'élimination d'hypothétiques saturations de l'interconnexion durant des heures moins chargées. Mais en même temps, si la demande continue d'augmenter d'année en année, les équilibres non contraints pourront, dans le temps, être contraints par l'insuffisance de la capacité d'interconnexion. Les G.R.Ts doivent donc tenir compte de tous les équilibres horaires afin de déterminer la capacité optimale, cette dernière pouvant soit maximiser le bien-être collectif, soit maximiser leurs profits. Le dernier point à soulever concerne l'hypothèse de divisibilité du capital. Cette dernière est totalement irréaliste, le coût marginal devrait être une fonction par palier. Le principe d'optimalité, rentes marginales égales coût marginal, ne pourra pas être respecté. Il se peut donc que l'infrastructure stratégique permette de maximiser le bien-être collectif. Ce problème se rencontre aussi si les G.R.Ts se comportent de manière bienveillante. Faut-il alors construire une infrastructure supérieure à la taille optimale, celle-ci étant déterminée par l'égalisation du gain marginal avec le coût marginal ? Si la capacité additionnelle est supérieure à la taille optimale, il apparaît un surcoût pour la collectivité. Mais, ce surdimensionnement peut se révéler être très utile, car il constitue une réserve de capacité qui pourrait être nécessaire en cas d'aléas de

²⁴ L'exercice d'un pouvoir de marché de la part d'un producteur ayant à sa disposition une demande inverse résiduelle se concrétisera par un prix d'équilibre supérieur à c_2 , ce qui *de facto* augmente artificiellement le bénéfice d'un accroissement de la capacité de transport. Donc, bien que le signal de prix transmis par la tarification nodale soit faussé (voir **Joskow P., Tirole J. [2003]**), ceci ne remet pas en question le fait que celle-ci envoie un signal de manque d'infrastructure de transport dans ce cas précis.

défaillance. En outre, puisque la demande augmente généralement d'année en année, ce surdimensionnement n'est que temporaire. Enfin, il se peut que l'accroissement de la capacité soit telle que le système ne soit plus soumis aux congestions, ceci étant impossible avec l'hypothèse de divisibilité de la capacité.

Finalement, les G.R.Ts peuvent construire une interconnexion, non pas dans un souci d'accroître le bien-être collectif, mais afin d'augmenter les rentes de congestion qu'ils perçoivent. Dans un tel cas, nous sommes en présence d'un investissement stratégique.

Notons que les investissements en infrastructure de transport peuvent être accomplis par des agents autres que les G.R.Ts, notamment par des producteurs, si la régulation le permet. Si les producteurs sont rémunérés par le montant des rentes de congestion que produit, ou produira dans le futur, cet investissement, vont-ils néanmoins le réaliser ?

Si le producteur du marché importateur réalise l'investissement, alors il faudra qu'il arbitre entre le gain que lui procurera cet investissement et la perte en terme de part de marché que ce même investissement entraînera (en effet, chaque unité supplémentaire en transport réduit d'une unité la quantité qu'il vend à son G.R.T.). Par contre, pour le producteur exportateur, son objectif sera de maximiser son profit en tenant compte des recettes que lui procurera l'investissement, du coût de ce dernier, et enfin du gain en part de marché.

Afin de clore cette présentation d'un accroissement de la capacité de transport K_1 , indiquons les résultats d'une simulation, celle-ci nous permettra ainsi de comparer les deux types d'investissements en infrastructure (K_1 et K_2).

Tableau 1

b	a	c_1	c_2	K_1	q^*_1	q^*_2	Q^*	P^*	S^{NC}	RC	SW
110	-0,2	10	50	200	200	100	300	50	9000	8000	17000
110	-0,2	10	50	300	300	0	300	50	9000	12000	21000
110	-0,2	10	50	301	301	0	301	49,8	9060,1	11979,8	21039,9

Rappelons que la fonction de demande inverse est $P(Q) = b + aQ$, les coûts marginaux de production étant égaux à c_1 et c_2 , le surplus net des consommateurs est noté S^{NC} , les rentes de congestion sont notées RC et le surplus collectif est noté SW. Comme le montre le tableau 1, le passage d'une capacité d'interconnexion $K_1 = 200$ à $K_1 = 300$ ne procure aucun gain pour les consommateurs. Par contre, les rentes de congestion (et donc le surplus collectif) s'accroissent de 4000, ceci correspondant à $(c_2 - c_1)\Delta K = (50 - 10)*100$. Seuls les G.R.Ts bénéficient de cet investissement. Par contre, si les G.R.Ts réalisent un investissement permettant de dépasser la capacité $[(c_2 - b)/a] = 300$ alors, comme l'indique le tableau 1, pour $K_1 = 301$ la quantité d'équilibre s'accroît, le prix diminue et le surplus net

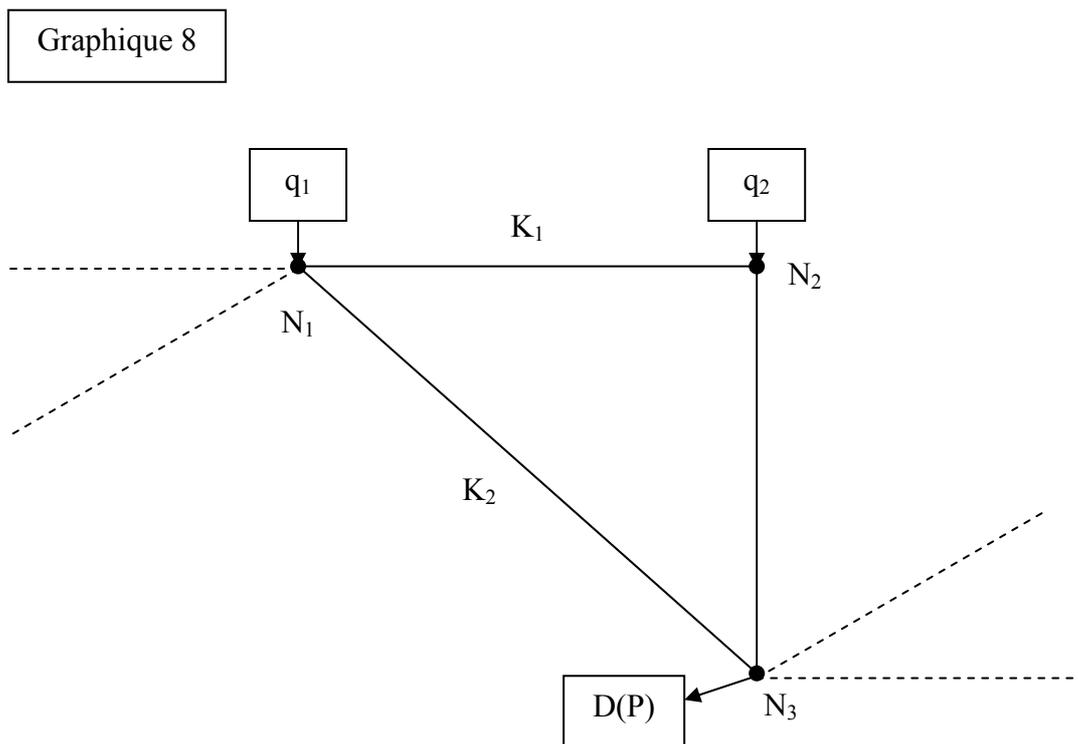
des consommateurs augmente. D'autre part, avec les paramètres choisis, $2c_2 - b - c_1 = -20 < 0$, et donc le passage de $K_1 = 300$ à $K_1 = 301$ induit une diminution du montant des rentes de congestion. Enfin, puisque $2c_2 - b - c_1 = -20 < 0$, alors si les G.R.Ts sont opportunistes, ils réaliseront une infrastructure telle que $K_1 + \Delta K = [(c_2 - b)/a] = 300$, et ainsi ils maximiseront le montant des rentes de congestion, sans toutefois être à l'optimum.

Examinons maintenant le cas de la création d'une nouvelle interconnexion empruntant un autre chemin, c'est-à-dire reliant le nœud 1 au nœud 3.

2. Création d'une nouvelle interconnexion (K_2)

L'avantage de notre réseau initial repose sur la possibilité de construire une nouvelle interconnexion reliant directement le nœud 1 avec le nœud de consommation, i.e. le nœud 3. Nous allons donc examiner une configuration en réseau triangulaire.

Graphiquement :



2.1 Effets de la nouvelle interconnexion

L'introduction de cette nouvelle interconnexion entraîne certains effets intéressants. Tout comme précédemment, ces effets dépendront de la capacité K_2 , mais aussi de la première interconnexion K_1 .

En premier lieu, cette nouvelle interconnexion peut, suivant sa capacité, être préjudiciable en terme de bien-être collectif. En effet, supposons que $K_2 = 1$. Avec une telle capacité, le producteur 1 ne peut plus vendre K_1 unités (qui par hypothèse est égale à 200 unités) sur le marché 2, mais seulement $(3/2)K_2 = (3/2)$ unités²⁵. D'autre part, la centrale localisée au nœud 2 ne peut plus produire. En effet, bien qu'un MW injecté en N_2 soit source de contre-flux sur K_1 , ce contre-flux vient se rajouter à la production injectée en 1 et circule donc sur K_2 . Afin de maximiser le surplus collectif, le G.R.T. du marché 2 achète donc $(3/2)$ unités au producteur 1 et complète la demande en faisant appel aux centrales du producteur 2 qui ne sont pas reliées directement au nœud 2. Donc, si K_2 est égale à une unité, alors au lieu de diminuer les barrières physiques entre ces deux marchés, cet investissement les rend pratiquement indépendant. Bien évidemment, plus la capacité K_2 sera importante, plus les barrières physiques se réduiront.

Nous allons présenter une simulation afin de mettre en évidence l'évolution du surplus collectif ainsi que celle des rentes de congestion.

Tableau 2

b	a	c_1	c_2	K_1	K_2	q^*_1	$q^*_2(N_2)$	q^*_2	Q^*	P^*	S^{NC}	RC	SW
110	-0,2	10	50	200	1	1,5	0	298,5	300	50	9000	60	9060,00
110	-0,2	10	50	200	2	3	0	297	300	50	9000	120	9120,00
110	-0,2	10	50	200	133	199,5	0	100,5	300	50	9000	7980	16980,00
110	-0,2	10	50	200	134	201	0	99	300	50	9000	8040	17040,00
110	-0,2	10	50	200	200	300	0	0	300	50	9000	12000	21000,00
110	-0,2	10	50	200	201	301,5	0	0	301,5	49,7	9090,225	11969,55	21059,78
110	-0,2	10	50	200	333	499,5	0	0	499,5	10,1	24950,03	49,95	24999,98
110	-0,2	10	50	200	333,3	500	0	0	500	10	25000	0	25000,00

Tout d'abord, indiquons que la construction de K_2 « élimine » la production injectée au nœud 2. Néanmoins, le G.R.T. complète les $(3/2)K_2$ unités achetées au producteur 1 par des quantités vendues par le producteur 2 (q^*_2), mais ne provenant pas du nœud 2 ($q^*_2(N_2) = 0$). Pour $K_2 = 1$, la quantité d'équilibre est donc identique à celle qui prévalait avant cette nouvelle interconnexion ($Q^* = 300$). D'autre part, comme nous l'avons indiqué, le bien-être collectif est réduit (passage de 17000 avec la seule interconnexion K_1 à 9060 avec $K_2 = 1$). Cette diminution s'explique par la disparition presque totale des rentes de congestion. Le problème étant que ces rentes sont une source du surplus collectif et qu'elles ne sont pas compensées par un accroissement du surplus net des consommateurs et/ou par les surprofits des producteurs. En outre, remarquons que nous retrouvons le phénomène de substitution mis en évidence précédemment. En effet, à chaque unité de transport supplémentaire, le G.R.T. du

²⁵ En effet, en supposant que toutes les lignes électriques aient les mêmes caractéristiques physiques, alors une injection d'un MW en N_1 pour un soutirage en N_3 implique une circulation de $(1/3)$ unité sur K_1 et $(2/3)$ unité sur K_2 .

marché 2 substitue une certaine quantité onéreuse par une autre quantité « bon marché ». En fait, par rapport à l'augmentation de K_1 , chaque unité K_2 supplémentaire entraîne un accroissement plus important des rentes de congestion. Au lieu d'avoir $(c_2 - c_1)$ par unité additionnelle, nous avons $(3/2)(c_2 - c_1)$ pour chaque unité de K_2 . En effet, en augmentant d'une unité K_2 et en achetant $(3/2)$ unités supplémentaires au producteur 1, sur ces $(3/2)$ unités, $(2/3)$ vont emprunter la ligne reliant le nœud N_1 et N_3 , et $(1/3)$ vont emprunter la ligne K_1 . Or, $(2/3)$ de $(3/2)$ donne une unité, ceci correspondant à l'augmentation de K_2 . Les G.R.Ts réalisent donc un surprofit.

Notons que la quantité d'équilibre est indépendante de la capacité de transport. La conséquence de cette remarque est qu'un accroissement de la capacité de transport K_2 ne permet pas une augmentation de la quantité d'équilibre, du moins tant que la capacité après investissement ne dépasse²⁶ pas un niveau égal à $q^*_1 = (c_2 - b)/a = Q^*$, donc lorsque $K_2 = (2/3)[(c_2 - b)/a] = 200$. Le tableau 2 nous indique que lorsque $K_2 = 200$ (ligne en rouge), alors le montant des rentes de congestion est à son maximum (ce montant est un gain pour la collectivité, mais il est entièrement capté par les G.R.Ts, tout comme le cas de l'accroissement de K_1). Ce résultat est parfaitement cohérent avec l'effet de substitution puisque toute la production onéreuse a été remplacée par celle « bon marché ». Si nous continuons le processus d'ajout d'unité en capacité de transport, alors le surplus collectif continue de s'accroître, mais cette fois-ci, le surplus des consommateurs augmente alors que le montant des rentes diminue.

Enfin, l'élimination totale des rentes de congestion (et l'obtention du bien-être collectif maximal) nécessite une interconnexion de capacité $K_2 = 500$, i.e. la même capacité lorsque les deux marchés ne sont reliés que par K_1 .

2.2 Réalisation de la nouvelle interconnexion K_2 : les G.R.Ts versus les producteurs

Qui a intérêt à réaliser une telle interconnexion ? Premièrement, les deux G.R.T.s peuvent financer cet investissement. Mais avant cet investissement, les deux G.R.T.s se partageaient le montant des rentes de congestion égal à $(c_2 - c_1)K_1 = (50 - 10)200 = 8000$. Mais si l'un des deux G.R.T.s réalise un investissement telle que K_2 soit inférieure à 133,33, alors le montant des rentes de congestion sera plus faible, donc une perte pour les G.R.Ts, si bien évidemment, ils ne soient intéressés que par leurs gains. Mais en même temps, le bien-être collectif sera plus faible. Pour obtenir le même montant de rentes, il faut donc que les G.R.Ts construisent une infrastructure telle que la répartition des quantités produites entre le producteur 1 et 2 soit identique avant cet investissement. Donc, quand $q^*_1 = 200$, ce qui nous donne $K_2 = (2/3)200 = 133,33$. Néanmoins, nous n'avons pas introduit le coût de cette nouvelle

²⁶ Notons que la production injectée en N_1 doit pouvoir circuler sur K_1 , donc K_1 doit être au minimum égal à $(1/3)[(c_2 - b)/a] = 100$, ceci étant vérifié avec les paramètres de notre modèle ($K_1 = 200$).

infrastructure, coût pouvant être très important puisque, contrairement à l'accroissement de K_1 , les G.R.Ts doivent acheter les terrains, avoir les accords administratifs (ces derniers étant de plus en plus long à obtenir, voir **D.G.E.M.P. [2003]**) et surpasser les contestations locales²⁷. D'autre part, ce niveau d'infrastructure ne maximise pas le montant des rentes de congestion. En effet, comme nous le montre le tableau 2, ce montant sera maximum si $K_2 = 200$. Remarquons que ce montant maximum des rentes est identique à celui qui aurait été atteint avec une augmentation de K_1 (montant égal à 12000). Ce qui est intéressant à relever est que le maximum des rentes est atteint pour un accroissement de K_1 égal à 100 ($= K_1 + \Delta K$) unités, et est atteint par une nouvelle interconnexion égale à 200 unités. Donc, l'accroissement de capacité K_1 nécessaire pour obtenir les rentes les plus élevées est moindre. Si les G.R.Ts cherchent à maximiser leurs profits, alors ils opteront plutôt pour une augmentation de K_1 . Mais en même temps, si la régulation permet à d'autres agents d'investir dans le réseau, alors il serait préférable pour les G.R.Ts de réaliser la nouvelle interconnexion. En effet, si un agent finance la construction de K_2 , les G.R.Ts n'auront plus de rentes de congestion car celles-ci reviendront au(x) propriétaire(s) de K_2 . L'avantage indéniable de construire K_2 réside dans l'accroissement de sécurité que cette interconnexion offre par rapport à la seule augmentation de K_1 . Ouvrir à la concurrence les investissements en réseau ne réduirait pas l'incitation à la réalisation d'investissements stratégiques car le premier qui construira K_2 contrôlera les rentes qui en découleront. Si aucune entité indépendante ne supervise ces investissements, alors ces derniers pourraient être préjudiciables en terme de surplus collectif, et ce malgré, la sécurité d'acheminement d'électricité renforcée.

En ce qui concerne les producteurs, si la rémunération des investissements en infrastructure de transport est basée sur la différence de prix nodaux (et si les régulations des différentes zones leur permettent), alors le producteur 1 sera incité à financer un tel investissement en arbitrant entre le montant des rentes qu'il percevra, le coût de l'investissement et le gain en part de marché. Notons que le coût marginal de l'investissement jouera un rôle clef car si ce dernier est « élevé », alors bien que les rentes marginales seront égales au coût marginal, cet investissement risque de diminuer sa part de marché, ceci étant le cas pour K_2 appartenant à $]0 ; 133,33[$. Par contre, pour K_2 appartenant à $[134 ; 200]$, la part de marché du producteur 1 s'accroît, avec un montant de rentes maximal pour $K_2 = 200$. Au delà, sa part de marché continue de progresser, mais les rentes de congestion diminuent. Quant au producteur 2, il peut avoir intérêt à réaliser une telle infrastructure car, même si cette dernière ne rapporte que peu de rentes, il pourra fournir pratiquement l'ensemble de la demande de son marché d'origine (si K_2 appartient à $]0 ; 133,33[$). En effet, plus K_2 sera faible, plus sa part de marché sur son marché d'origine augmentera (par rapport au cas où seule K_1 existe). Lorsque $K_2 = 133,33$,

²⁷ Indiquons que nous n'introduisons pas le gain de sécurité que confère cette nouvelle infrastructure par rapport à une augmentation de K_1 .

alors il obtient la part de marché qu'il possédait avant cet investissement. En fait, le producteur le moins efficace a intérêt à réaliser un « faible » investissement alors que le producteur le plus efficace a intérêt à construire une interconnexion de capacité « supérieure » (notons qu'il serait intéressant d'étudier la réalisation de cet investissement en cas d'utilisation de pouvoir de marché de la part des producteurs).

Ce type d'investissement stratégique de la part des producteurs est différent de celui présenté pour les G.R.Ts. En fait, nous avons un investissement stratégique dont l'objectif est de maximiser les rentes de congestion (les G.R.Ts), et un investissement stratégique permettant de limiter la concurrence (cas du producteur 2). Il s'ensuit donc que l'autorisation d'investir dans le réseau doit être soigneusement contrôlée par une entité indépendante du marché électrique. Cette fois, l'investissement en infrastructure de transport n'est pas réalisé pour capter le maximum des rentes de congestion, mais pour se rapprocher d'une position de monopole.

Conclusion

L'étude menée ici avait pour objet de montrer que l'investissement dans le réseau électrique pouvait être dicté non pas pour des raisons de bien-être collectif, mais pour des raisons financières. En effet, suivant certaines conditions, tout accroissement d'une capacité de transport existante se traduit par une augmentation des rentes de congestion. Si les G.R.Ts sont les seuls autorisés à financer ce type d'investissement, alors ils peuvent adopter un comportement stratégique, non pas en refusant l'investissement, mais au contraire, en le réalisant. Notons qu'il est tout à fait possible que l'investissement maximisant le montant des rentes de congestion corresponde à l'investissement optimal, c'est-à-dire qu'il permette l'égalisation du gain collectif marginal avec le coût marginal. Dans ce dernier cas, comment juger le comportement des G.R.Ts ? Il semble donc que le seul argument d'investissement ou non par les G.R.Ts soit insuffisant pour déceler leur comportement.

D'autre part, nous avons montré grâce à une simulation que les G.R.Ts seraient plus enclin à augmenter l'interconnexion existante plutôt que de réaliser une nouvelle interconnexion. Une solution évidente²⁸ serait d'ouvrir à la concurrence ce type d'investissement car, suivant la nouvelle capacité, l'agent qui la réalisera pourra capter les rentes de congestion. Mais alors, les producteurs pourraient être eux aussi enclins à réaliser des investissements stratégiques, notamment le producteur le moins efficace qui pourrait diminuer la concurrence sur la bourse électrique. Donc, la seule concurrence pourrait ne pas suffire. La sélection des projets sera déterminante. Ceci soulève donc plusieurs questions : quelle entité effectuera cette sélection ? Est-ce que cette entité sera la même lorsqu'il s'agit

²⁸ Notons que l'ouverture à la concurrence des investissements dans le réseau électrique n'est guère simple. Voir **Cameron L. [2001]**. Pour les problèmes liés aux Merchant Transmission Investment, voir **Joskow P.L., Tirole J. [2003]**.

d'infrastructure interne (nationale) ou externe (interconnexion) ? Comment seront rémunérés les investisseurs ? Avec les rentes de congestion (si bien sûr la tarification nodale est utilisée), sous forme de Financial Transmission Right ou Physical Transmission Right) ? Ou bien sous forme de rémunération fixée par les régulateurs ? Etc...

Finalement, outre le problème de re-coordination des investissements en production avec ceux en transport, la régulation devra aussi tenir compte de la possibilité que ces deux types d'investissements soient stratégiques.

Bibliographie

Cameron L. [2001]. Transmission Investment : Obstacles to a Market Approach. The Electricity Journal, Mars.

Costello K. [2001]. Interregional Coordination versus RTO Mergers : A Cost-Benefit Perspective. The Electricity Journal.

Deng S.J., Oren S. [2001]. Priority Network Access Pricing for Electric Power. Journal of Regulatory Economics.

D.G.E.M.P. [2003]. Coûts de référence de la production électrique. Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, Paris.

Glachant J.M., Lévêque F [2005]. Electricity Internal Market in the European Union : What to do next ? CEEPR, Working Paper.

Glachant J.M., Pérez Y [2007]. Achieving electricity competitive reform as a long term Governance Structure Problem. GRJM, Working Paper.

Joskow P. [2006]. Patterns of transmission investment. Dans Lévêque F. (ed), Competitive Electricity Markets and Sustainability, Edward Elgar.

Joskow P.L., Tirole J. [2003]. Merchant Transmission Investment. Cambridge Working Papers, Economics 0324, University of Cambridge.

Lévêque F. [1998]. Economie de la réglementation. Collection Repères aux éditions La Découverte.

Merlin A., Kowal J. [1994]. L'interconnexion internationale des réseaux : les difficultés de réalisation de la ligne France-Espagne. *Annales des Mines*, Novembre, pp.30-34.

Pérez-Arriaga I.J., Rubio F.J., Puerta J.F., Arceluz J., Marin J. [1995]. Marginal Pricing of Transmission Services : an analysis of Cost Recovery. *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 10, n° 1, p. 546.

Pigou A.C. [1958]. L'économie du Bien-Etre. Librairie Dalloz, Paris.

Rey P., Tirole J. [2007]. A primer on foreclosure. Dans Armstrong M. et Porter R. (eds), *Handbook of industrial organization*, vol. III, North Holland.

Schweppe F.C, Caramanis M.C, Tabors R.D, Bohn R.E [1984]. « Optimal pricing in electrical networks over space and time ». *Rand Journal of Economics*, vol. 15, n° 3, p. 360.

Stoft S. [2006]. Problems of transmission investment in a deregulated power market. Dans Lévêque F. (ed), *Competitive Electricity Markets and Sustainability*, Edward Elgar.

LISTE DES CAHIERS DE RECHERCHE CREDEN*

95.01.01	<i>Eastern Europe Energy and Environment : the Cost-Reward Structure as an Analytical Framework in Policy Analysis</i> Corazón M. SIDDAYAO
96.01.02	<i>Insécurité des Approvisionnements Pétroliers, Effet Externe et Stockage Stratégique : l'Aspect International</i> Bernard SANCHEZ
96.02.03	<i>R&D et Innovations Technologiques au sein d'un Marché Monopolistique d'une Ressource Non Renouvelable</i> Jean-Christophe POUDOU
96.03.04	<i>Un Siècle d'Histoire Nucléaire de la France</i> Henri PIATIER
97.01.05	<i>Is the Netback Value of Gas Economically Efficient ?</i> Corazón M. SIDDAYAO
97.02.06	<i>Répartitions Modales Urbaines, Externalités et Instauration de Péages : le cas des Externalités de Congestion et des «Externalités Modales Croisées»</i> François MIRABEL
97.03.07	<i>Pricing Transmission in a Reformed Power Sector : Can U.S. Issues Be Generalized for Developing Countries</i> Corazón M. SIDDAYAO
97.04.08	<i>La Dérégulation de l'Industrie Electrique en Europe et aux Etats-Unis : un Processus de Décomposition-Recomposition</i> Jacques PERCEBOIS
97.05.09	<i>Externalité Informationnelle d'Exploration et Efficacité Informationnelle de l'Exploration Pétrolière</i> Evariste NYOUKI
97.06.10	<i>Concept et Mesure d'Equité Améliorée : Tentative d'Application à l'Option Tarifaire "Bleu-Blanc-Rouge" d'EDF</i> Jérôme BEZZINA
98.01.11	<i>Substitution entre Capital, Travail et Produits Energétiques : Tentative d'application dans un cadre international</i> Bachir EL MURR
98.02.12	<i>L'Interface entre Secteur Agricole et Secteur Pétrolier : Quelques Questions au Sujet des Biocarburants</i> Alain MATHIEU
98.03.13	<i>Les Effets de l'Intégration et de l'Unification Économique Européenne sur la Marge de Manœuvre de l'État Régulateur</i> Agnès d'ARTIGUES
99.09.14	<i>La Réglementation par Price Cap : le Cas du Transport de Gaz Naturel au Royaume Uni</i> Laurent DAVID
99.11.15	<i>L'Apport de la Théorie Économique aux Débats Énergétiques</i> Jacques PERCEBOIS
99.12.16	<i>Les biocombustibles : des énergies entre déclin et renouveau</i> Alain MATHIEU
00.05.17	<i>Structure du marché gazier américain, réglementation et tarification de l'accès des tiers au réseau</i> Laurent DAVID et François MIRABEL
00.09.18	<i>Corporate Realignment in the Natural Gas Industry : Does the North American Experience Foretell the Future for the European Union ?</i> Ian RUTLEDGE et Philip WRIGHT
00.10.19	<i>La décision d'investissement nucléaire : l'influence de la structure industrielle</i> Marie-Laure GUILLERMINET

* L'année de parution est signalée par les deux premiers chiffres du numéro du cahier.

01.01.20	<i>The industrialization of knowledge in life sciences Convergence between public research policies and industrial strategies</i> Jean Pierre MIGNOT et Christian PONCET
01.02.21	<i>Les enjeux du transport pour le gaz et l'électricité : la fixation des charges d'accès</i> Jacques PERCEBOIS et Laurent DAVID
01.06.22	<i>Les comportements de fraude fiscale : le face-à-face contribuables – Administration fiscale</i> Cécile BAZART
01.06.23	<i>La complexité du processus institutionnel de décision fiscale : causes et conséquences</i> Cécile BAZART
01.09.24	<i>Droits de l'homme et justice sociale. Une mise en perspective des apports de John Rawls et d'Amartya Sen</i> David KOLACINSKI
01.10.25	<i>Compétition technologique, rendements croissants et lock-in dans la production d'électricité d'origine solaire photovoltaïque</i> Pierre TAILLANT
02.01.26	<i>Harmonisation fiscale et politiques monétaires au sein d'une intégration économique</i> Bachir EL MURR
02.06.27	<i>De la connaissance académique à l'innovation industrielle dans les sciences du vivant : essai d'une typologie organisationnelle dans le processus d'industrialisation des connaissances</i> Christian PONCET
02.06.28	<i>Efforts d'innovations technologiques dans l'oligopole minier</i> Jean-Christophe POUDOU
02.06.29	<i>Why are technological spillovers spatially bounded ? A market orientated approach</i> Edmond BARANES et Jean-Philippe TROPEANO
02.07.30	<i>Will broadband lead to a more competitive access market ?</i> Edmond BARANES et Yves GASSOT
02.07.31	<i>De l'échange entre salaire et liberté chez Adam Smith au « salaire équitable » d'Akerlof</i> David KOLACINSKI
02.07.32	<i>Intégration du marché Nord-Américain de l'énergie</i> Alain LAPOINTE
02.07.33	<i>Funding for Universal Service Obligations in Electricity Sector : the case of green power development</i> Pascal FAVARD, François MIRABEL et Jean-Christophe POUDOU
02.09.34	<i>Démocratie, croissance et répartition des libertés entre riches et pauvres</i> David KOLACINSKI
02.09.35	<i>La décision d'investissement et son financement dans un environnement institutionnel en mutation : le cas d'un équipement électronucléaire</i> Marie-Laure GUILLERMINET
02.09.36	<i>Third Party Access pricing to the network, secondary capacity market and economic optimum : the case of natural gas</i> Laurent DAVID et Jacques PERCEBOIS
03.10.37	<i>Competition And Mergers In Networks With Call Externalities</i> Edmond BARANES et Laurent FLOCHEL
03.10.38	<i>Mining and Incentive Concession Contracts</i> Nguyen Mahn HUNG, Jean-Christophe POUDOU et Lionel THOMAS
03.11.39	<i>Une analyse économique de la structure verticale sur la chaîne gazière européenne</i> Edmond BARANES, François MIRABEL et Jean-Christophe POUDOU
03.11.40	<i>Ouverture à la concurrence et régulation des industries de réseaux : le cas du gaz et de l'électricité. Quelques enseignements au vu de l'expérience européenne</i> Jacques PERCEBOIS
03.11.41	<i>Mechanisms of Funding for Universal Service Obligations: the Electricity Case</i> François MIRABEL et Jean-Christophe POUDOU
03.11.42	<i>Stockage et Concurrence dans le secteur gazier</i> Edmond BARANES, François MIRABEL et Jean-Christophe POUDOU

03.11.43	<i>Cross Hedging and Liquidity: A Note</i> Benoît SEVI
04.01.44	<i>The Competitive Firm under both Input and Output Price Uncertainties with Futures Markets and Basis risk</i> Benoît SEVI
04.05.45	<i>Competition in health care markets and vertical restraints</i> Edmond BARANES et David BARDEY
04.06.46	<i>La Mise en Place d'un Marché de Permis d'Emission dans des Situations de Concurrence Imparfaites</i> Olivier ROUSSE
04.07.47	<i>Funding Universal Service Obligations with an Essential Facility: Charges vs. Taxes and subsidies</i> , Charles MADET, Michel ROLAND, François MIRABEL et Jean-Christophe POUDOU
04.07.48	<i>Stockage de gaz et modulation : une analyse stratégique</i> , Edmond BARANES, François MIRABEL et Jean-Christophe POUDOU
04.08.49	<i>Horizontal Mergers In Internet</i> Edmond BARANES et Thomas CORTADE
04.10.50	<i>La promotion des énergies renouvelables : Prix garantis ou marché de certificats verts ?</i> Jacques PERCEBOIS
04.10.51	<i>Le Rôle des Permis d'Emission dans l'Exercice d'un Pouvoir de Marché sur les Marchés de Gros de l'Electricité (La Stratégie de Rétention de Capacité</i> Olivier ROUSSE
04.11.52	<i>Consequences of electricity restructuring on the environment: A survey</i> Benoît SEVI
04.12.53	<i>On the Exact Minimum Variance Hedge of an Uncertain Quantity with Flexibility</i> Benoît SEVI
05.01.54	<i>Les biocarburants face aux objectifs et aux contraintes des politiques énergétiques et agricoles</i> Alain MATHIEU
05.01.55	<i>Structure de la concurrence sur la chaîne du gaz naturel : le marché européen</i> Vincent GIRAULT
05.04.56	<i>L'approvisionnement gazier sur un marché oligopolistique : une analyse par la théorie économique</i> Vincent GIRAULT
05.04.57	<i>Les péages urbains pour une meilleure organisation des déplacements</i> François MIRABEL
05.04.58	<i>Les biocombustibles en France : des produits fatals aux cultures dédiées</i> Alain MATHIEU
05.07.59	<i>Dérégulation et R&D dans le secteur énergétique européen</i> Olivier GROSSE, Benoît SEVI
05.09.60	<i>Strategies of an incumbent constrained to supply entrants: the case of European gas release program</i> Cédric CLASTRES et Laurent DAVID
06.01.61	<i>Hydroélectricité : des mini-centrales aux barrages pharaoniques</i> Alain MATHIEU
06.02.62	<i>L'internalisation de la congestion urbaine avec les instruments tarifaires : Acceptabilité et Décision</i> Mathias REYMOND
06.02.63	<i>Banking behavior under uncertainty: Evidence from the US Sulfur Dioxide Emissions Allowance Trading Program</i> Olivier ROUSSE et Benoît SEVI
06.03.64	<i>Dépendance et vulnérabilité : deux façons connexes mais différentes d'aborder les risques énergétiques</i> Jacques PERCEBOIS
06.05.65	<i>Energies Renouvelables et Economie Solidaire</i> Alain MATHIEU

06.10.66	<i>Ventes Liées et Concurrence sur les Marchés Energétiques</i> Marion PODESTA
07.01.67	<i>Universal Service Obligations: The Role of Subsidization Schemes and the Consequences of Accounting Separation</i> François MIRABEL, Jean-Christophe POUDOU et Michel ROLAND
07.01.68	<i>Concentration des Marchés et Comportements Collusifs : des Conflits entre HHI et Seuils de Collusion</i> Edmond BARANES, François MIRABEL et Jean-Christophe POUDOU
07.03.69	<i>Certificats noirs, verts et blancs : Effets croisés et impacts potentiels dans les marchés de l'électricité ?</i> Jacques PERCEBOIS
07.06.70	<i>Les vertus environnementales et économiques de la participation des citoyens au marché de permis d'émission</i> Olivier ROUSSE
07.06.71	<i>Les biocarburants : d'une génération à l'autre</i> Alain MATHIEU
08.01.72	<i>Les concessions de distribution d'énergie électrique en France se justifient-elles encore aujourd'hui ?</i> Henri COURIVAUD
08.02.73	<i>Capital budgeting with an efficient yield-based method: the real rate of return technique</i> Olivier ROUSSE
08.03.74	<i>Strategic aspects of bundling</i> Marion PODESTA
08.03.75	<i>Should the regulator allow citizens to participate in tradable permits markets?</i> Olivier ROUSSE
08.04.76	<i>Optimal nonlinear pricing, bundling commodities and contingent services</i> Marion PODESTA et Jean-Christophe POUDOU
08.09.77	<i>Volatility transmission and volatility impulse response functions in European electricity forward markets</i> Yannick LE PEN et Benoît SÉVI
08.09.78	<i>Accroissement de la capacité de transport électrique : investissement stratégique ?</i> Renaud MENARD