

BETA
UMR CNRS n°7522
Université Strasbourg 1

LET
UMR CNRS n°5593
Université Lyon 2
ENTPE

GATE
UMR CNRS n°5824
Université Lyon 2

Eléments d'évaluation des politiques de transport : une approche par l'économie expérimentale

**Rapport réalisé dans le cadre du programme PREDIT 1996-2000
sous la direction de Laurent DENANT-BOEMONT**

**Karine DELVERT (LET)
Laurent DENANT-BOEMONT (LET)
Romain PETIOT (LET)**

Avec la collaboration de :
**Kene BOUN MY (BETA)
Anthony ZIEGELMEYER (BETA)
Marc WILLINGER (BETA)**

et du
GATE

**LETTRE DE COMMANDE N°98 MT92
MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT
DIRECTION DE LA RECHERCHE ET DES AFFAIRES SCIENTIFIQUES ET
TECHNIQUES**

SOMMAIRE

1. Introduction

1.1 Evaluation des décisions publiques et prévision des choix individuels

1.2 Objectifs et méthodologie : quid d'une « économie des transports expérimentale » ?

2. Choix de transport et économie expérimentale : une revue de la littérature

Introduction de la partie 2

2.1. Méthodes de production de données en transport et économie expérimentale

2.2. L'expérimentation en transport comme outil de production de données : la voie de la simulation

2.3. Les développements récents de l'économie expérimentale dans les champs connexes de l'économie des transports

2.4. L'économie expérimentale appliquée au transport

Conclusion de la partie 2

3. Difficultés et perspectives du recours à l'économie expérimentale en économie des transports

Introduction de la partie 3

3.1. Les difficultés des expériences contextualisées : l'exemple de l'arbitrage congestion péage

3.2. Les potentialités de l'économie expérimentale en économie des transports : quel programme de recherche pour les années à venir ?

Conclusion de la partie 3

4. Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexes

Annexe 1 : configuration matérielle d'une salle d'économie expérimentale : le cas de Strasbourg

Annexe 2 : instructions du pilote sur la valeur d'option

Instructions

Les gains

Récapitulatif

Instructions

Les gains

Récapitulatif

1. Introduction

L'idée même d'évaluation des politiques de transport renvoie à une comparaison d'états, selon l'expression de Lesourne (1972), ce qui implique d'envisager les conséquences d'un "choc" exogène sur l'ensemble du système de transport, aussi bien en termes de demande de trafic que de réponses d'offres concurrentes. La conséquence essentielle de ce principe est que l'évaluation d'une politique de transport doit nécessairement se fonder sur des hypothèses caractérisant le comportement des agents face à une nouvelle politique de transport. Cette réaction est le plus souvent résumée par une disposition à payer pour un changement, éventuellement par une disposition à accepter, ce qui renvoie au cadre normatif de l'économie du bien-être, qui appréhende l'effet des politiques au travers du prisme des différentes variations de surplus des agents. En amont du calcul économique (au sens large du terme), la question de la prévision de la demande de trafic se pose donc.

Le secteur des transports est un champ privilégié pour l'application du calcul économique (Etner, 1987) dans la mesure où cet outil est, en première instance, particulièrement adapté à des segments de décision où le nombre d'actions est limité, circonscrit et homogène. Du reste, les effets du transport sont isolables, quantifiables, et relativement prévisibles. En témoignent les applications aux secteurs routier, autoroutier, ou ferroviaire, voire au secteur aérien. Mais ces points paraissent être en grande partie invalidés dès lors que l'on parle de transport urbain. C'est sans doute un facteur explicatif de l'échec du calcul économique public dans l'évaluation des investissements en transport. Car il faut bien parler d'échec. Les études fondées sur les principes du Calcul Economique Public sont en effet rares. Plus précisément, les critiques portent souvent sur la diversité des critères employés et sur les techniques d'analyse elles-mêmes (Quarmby, 1977).

1.1 Evaluation des décisions publiques et prévision des choix individuels

Le champ *stricto sensu* de l'application du Calcul Economique Public est l'évaluation des effets. Or, en transport, le moment fondamental, au moins dans les pratiques, est la prévision des effets d'un projet. Le problème est que ces derniers ne sont que rarement isolables, pas toujours quantifiables, et surtout difficilement prévisibles. L'effort d'étude a ainsi avant tout porté sur la prévision, l'évaluation n'étant considérée que comme une phase avale, presque comptable, empreinte d'évidences et, à vrai dire, peu intéressante. Que d'erreurs n'a-t-on pas fait au nom de cette logique ! Car, malgré l'importance des moyens matériels et intellectuels, la prévision tend plutôt à décevoir. On considère le plus souvent que la qualité des prévisions s'est en général dégradée depuis quelques années, encore qu'il n'y ait pas un accord global sur ce fait (Levy-Garboua, 1992). Plusieurs explications peuvent être avancées, valables de manière sectorielle (transports), ou de manière macroéconomique. D'une part, la plus grande volatilité des variables à expliquer rend la prévision plus difficile. D'autre part, la mondialisation de l'économie et la synchronisation des cycles économiques qui en découlent parasitent la prévision en donnant un poids très fort à l'incertitude. Enfin, les erreurs de

prévision sur les variables "exogènes" expliquent celles sur les variables expliquées. Ces trois raisons ne sont évidemment pas incompatibles, et elles permettent de comprendre, toutes à la fois ou à elles seules, combien l'exercice de la prévision est devenu périlleux.

Néanmoins, il faut chercher dans ce souci de prévision une vraie réponse, mais partielle, face à un environnement extrêmement changeant, pour les raisons déjà décrites plus haut, et pour celles, plus globales, qui viennent d'être évoquées. Ainsi, l'utilisation des outils et les besoins d'expertise affichés par les acteurs sont intimement liés à la crise de la décision. Il faut alors bien parler d'une *crise généralisée de la décision d'investissement en transport au sens d'une difficulté à appréhender la portée des actes sur un environnement particulièrement aléatoire*.

L'implication principale de cette crise porte sur le fondement méthodologique de l'aide à la décision. Le principe de base doit être dès lors de placer le problème de l'incertitude au centre de la démarche d'évaluation, et non plus à la marge. Ceci signifie, si l'on pousse le raisonnement à son terme, qu'il faut réaliser une connexion étroite entre les aspects prévisionnels et les aspects d'optimisation d'un projet. En bref, au niveau de l'élaboration des outils de l'aide à la décision, il s'agit de briser le traditionnel partage des tâches analytiques entre l'économétrie de la demande (modèles de prévision des flux) et l'économie de l'offre (optimisation de l'adéquation offre-demande), et de bâtir une aide à la décision "intégrée".

Sans doute cette analyse bouscule-t-elle maints principes théoriques tout à fait respectables, mais, d'un point de vue pragmatique, on ne peut guère en faire abstraction.

Dès lors, si l'idée est de casser cette coupure analytique entre prévision des effets physiques et évaluation économique, la recherche de nouvelles méthodes d'études des comportements économiques devient fondamentale face aux insuffisances des modèles standards de prévisions de la demande. Or, depuis maintenant une cinquantaine d'années, une nouvelle méthode est apparue dans la boîte à outils de l'économiste : l'économie expérimentale. En quelques mots, on peut dire que l'économie expérimentale consiste à reconstituer en laboratoire une situation économique simplifiée et contrôlée. Cette méthode renvoie à deux objectifs classiques de l'économiste : confronter l'observé aux prédictions théoriques et explorer les réactions d'un agent mis dans des situations économiques inhabituelles, donc peu connues.

L'économie expérimentale a été très rarement utilisée dans le domaine de l'économie des transports. Ce n'est pas une caractéristique spécifique au secteur des transports dans la mesure où les travaux d'économie appliquée recourant à l'économie expérimentale sont loin de constituer la majorité des travaux appartenant au champ de l'économie expérimentale. Cette discipline reste encore essentiellement théorique, et se préoccupe encore très peu d'aide à la décision. Faut-il y voir le signe d'une discipline jeune en phase de constitution et insuffisamment formée pour pouvoir prétendre aider les décisions ou, hypothèse plus radicale, le symptôme d'une impossibilité méthodologique ?

1.2 Objectifs et méthodologie : quid d'une « économie des transports expérimentale » ?

L'objet de ce rapport est d'évaluer l'intérêt de l'économie expérimentale en matière d'économie des transports. Il est également de cerner les limites et les potentialités d'application de cette discipline. *L'économie expérimentale peut-elle aider à résoudre la crise de la décision et de la prévision décelable dans le domaine des choix publics en transport ?*

Le projet de ce rapport est fondamentalement innovant puisqu'en France pratiquement rien n'a été fait dans le domaine de l'économie expérimentale appliquée aux transports. En outre, l'évaluation des potentialités de cette discipline en matière de transports implique également

une structure de réflexion innovante. L'étude s'est fondée sur une collaboration scientifique et méthodologique entre le Laboratoire d'Economie des Transports (LET - UMR CNRS) de l'Université Lyon 2, connu pour sa compétence dans le domaine du calcul économique public et de l'aide à la décision en transport, et deux des unités de recherche les plus connues en France dans le domaine de l'économie expérimentale, à savoir le Bureau d'Economie Théorique et Appliquée (BETA - UMR CNRS) de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, et le Groupe d'Analyse et de Théorie Economique (GATE - UMR CNRS) de l'Université Lumière Lyon 2. A terme, l'ambition est de développer au sein du LET un véritable pôle de compétence en matière d'économie expérimentale appliquée aux transports.

La présente étude a également des effets indirects positifs qui n'apparaissent que trop peu dans ce rapport, car ils sont liés à des transferts de savoirs et de technologies entre les unités de recherche collaborant à ce programme scientifique.

En clair, on peut décliner les objectifs principaux de ce travail de la manière suivante, ces objectifs étant par ailleurs intrinsèquement liés entre eux :

- *Un objectif méthodologique* : qu'est-ce que l'économie expérimentale et que peut être une économie expérimentale appliquée au transport ? En outre, l'économie expérimentale peut-elle être utile en économie des transports et notamment dans le domaine de l'aide à la décision et de l'évaluation ?

- *Un objectif stratégique* : le rapprochement de plusieurs équipes de recherche ayant des projets de recherche très différents mais ayant en commun le recours à l'économie expérimentale comme méthode d'investigation, et la volonté de construire d'un réseau d'économie expérimentale appliquée au transport.

- *Un objectif scientifique* : établir les prémisses d'un programme de recherche pour les années à venir qui constitue le point d'ancrage du réseau décrit ci-dessus, et commencer à produire quelques résultats exploitables pour l'aide à la décision publique en transport (connaissance des processus de choix des individus).

Du point de vue de la méthode adoptée dans ce rapport, le parti est d'atteindre l'ensemble des objectifs présentés ci-dessus de deux manières :

- En premier lieu, une revue sélective de la littérature sur le thème « choix de transport et économie expérimentale » est présentée (Partie 2). Cette revue permet de définir précisément ce qu'est l'économie expérimentale et de recenser les pratiques d'expérimentations économiques ou psychologiques qui renvoient directement ou indirectement au champ des transports.

- En second lieu (Partie 3), on tente de définir un programme de recherche sur le thème « économie expérimentale appliquée au transport » en soulignant les difficultés et les limites méthodologiques et scientifiques d'un tel programme. Ces dernières sont mises en lumière par la description d'un pilote (un prototype) d'expérimentation économique appliquée au transport et par le commentaire de ces résultats. Les conclusions sont en effet symptomatiques de l'intérêt du recours à l'économie expérimentale en matière de transport, mais illustrent également l'ambiguïté des résultats issus d'expérimentations appliquées trop complexes, car voulant trop "coller" à la réalité des choix de transport. L'autre intérêt du pilote est clairement pédagogique : il est l'occasion d'observer *in extenso* le déroulement concret d'une expérimentation économique. Il s'agit de réaliser un apprentissage par la pratique, qui consiste à dérouler le processus de mise en oeuvre d'une expérimentation économique appliquée aux choix de transport. Plus précisément, on présente un pilote de jeu expérimental dans le domaine des choix individuels - d'itinéraire et d'heure de départ - de transport en situation de congestion.

L'ensemble de ces réflexions conduit à avancer un programme de recherche de moyen et long terme sur le thème des choix individuels en transport et de la congestion.

2. Choix de transport et économie expérimentale : une revue de la littérature

Introduction de la partie 2

Pour évaluer l'intérêt du recours à l'économie expérimentale dans le domaine des transports, il semble nécessaire de définir ses caractéristiques propres, aussi bien du point de vue de la méthode que de ses champs d'application. Une revue de la littérature existante est alors utile pour identifier la manière dont les expérimentalistes définissent eux-même leur discipline et comment ils l'appliquent. Cette revue est particulièrement utile pour :

- situer l'originalité de la démarche expérimentale en économie par rapport aux méthodes utilisées en transport pour produire des données expérimentales, à savoir les méthodes de préférences déclarées et de préférences révélées,
- situer la différence entre l'économie expérimentale et la simulation expérimentale en transport, qui connaît une vogue grandissante. Nous montrerons que les deux démarches, qui semblent proches à première vue, se basent sur des principes assez radicalement différents et poursuivent des objectifs distincts.

Le premier temps de cette première partie consiste à discuter des méthodes de production de données en transport afin d'identifier leurs limites par rapport à l'économie expérimentale. Ceci nous conduit bien évidemment à définir plus précisément ce qu'est l'économie expérimentale.

Après avoir identifié clairement notre objet d'étude, on présente dans un second temps les principaux travaux dans le domaine de la simulation expérimentale, afin de mettre en lumière les différences entre cette discipline et l'économie expérimentale.

Le troisième temps consiste à faire une revue « généraliste » et rapide des principaux champs d'application de l'économie expérimentale, qui permet d'avoir une idée sur l'état d'avancement de cette famille de méthodes et des possibilités de transposition à l'économie des transports. Le quatrième temps permet alors de faire une revue de la littérature sur le strict champ de l'économie expérimentale appliquée au transport, en montrant l'intérêt mais la relative rareté des travaux réalisés.

2.1. Méthodes de production de données en transport et économie expérimentale

En premier lieu, l'originalité de la démarche de l'économie expérimentale doit être mise en lumière. Ceci implique, d'une part, de rappeler les différents types de méthodes de production de données comportementales, mais aussi d'évoquer leurs limites, et, d'autre part, de décliner les hypothèses constitutives de l'économie expérimentale.

2.1.1. Calcul économique public et préférences individuelles

Le principe du Calcul Economique Public repose sur une comparaison d'états avant / après et sur la simulation de ces états pour évaluer les effets d'une mesure ou bien d'un projet et réaliser un bilan socio-économique.

Toute fonction de préférence sociale ne saurait se fonder que sur les préférences individuelles pour deux raisons :

- une raison technique : toute évaluation consiste à simuler l'impact d'une mesure de politique économique sur le système de transport. L'évaluation s'appuie alors nécessairement sur une prévision des trafics qui conditionne l'évaluation des différents coûts et avantages agrégés dans l'analyse. Or, tout modèle de prévision de trafic se base sur une représentation des préférences des usagers. Ainsi, si l'évaluation est un exercice *a priori* très différent de celui de la prévision, il paraît difficile d'obtenir une évaluation fiable si les données de trafic ne le sont pas. D'autre part, l'évaluation des coûts et avantages générés par un projet s'appuie nécessairement sur une connaissance fine des dispositions à payer (DAP) ou des dispositions à accepter (DAA).
- une raison éthique : tout système d'évaluation fondé sur l'intérêt général ne peut qu'être l'émanation directe des préférences individuelles (principe de l'amélioration paretienne), même si cette contrainte peut générer des difficultés théoriques (théorème d'impossibilité d'Arrow).

2.1.2. Méthodes de préférences déclarées et méthodes de préférences révélées

Dans le domaine des transports, deux grandes familles de méthodes permettent d'appréhender les préférences des usagers : les méthodes de préférences déclarées et les méthodes de préférences révélées.

2.1.2.1 Premières définitions

Les préférences déclarées (stated preferences - SP) : « toute famille de techniques qui utilisent les réponses des individus concernant leurs préférences sur un *ensemble d'options possibles* de transport afin d'estimer leur fonction d'utilité » (librement traduit de Kroes et Sheldon, 1988). Ainsi est-il demandé aux usagers d'effectuer un choix hypothétique - par classement ou choix de l'item préféré - à partir d'un questionnaire. Le questionnaire présente différentes caractéristiques de service dont on fait varier l'intensité et / ou le niveau (variation du prix du service de transport en fonction d'un niveau également variable de services proposés). Cette méthode permet de fournir des données adaptées car conçues pour un contexte étudié, à la différence des données de type préférences révélées.

Les préférences révélées peuvent être définies comme une famille de techniques qui estiment la demande de trafic en se basant sur des données issues de l'observation directe ou issue d'enquêtes concernant les comportements *effectifs* de choix : « la comparaison des alternatives de transport choisies et des alternatives rejetées révèle les préférences des usagers » (librement traduit de Kroes et Sheldon, 1988). Ces données issues de l'observation directe des comportements sont utilisées pour inférer les fonctions d'utilité implicites des usagers (Kroes et Sheldon, 1988).

2.1.2.2. Problèmes et limites de chaque méthode

2.1.2.2.1. Les méthodes de préférences déclarées

Le premier biais des données préférences déclarées a trait à l'incertitude quant à l'implication des sujets dans leur réponse. Dans quelle mesure existe-t-il une compatibilité entre ces réponses déclarées et le comportement effectif des sujets (Wardman, 1988). Formulé autrement, « les agents ne font pas toujours ce qu'ils disent qu'ils font », ce pour deux raisons principales :

- rationalité imparfaite et absence d'éléments d'apprentissage sur des situations hypothétiques non vécues ou effet de présentation de la situation « *framing effect* ».
- phénomènes de passager clandestin ou de rationalité stratégique. La réponse peut en effet être volontairement biaisée dans la mesure où elle est conçue comme un moyen d'influencer la politique évaluée par l'enquête.

2.1.2.2.2. Les méthodes de préférences révélées

Le principal inconvénient des Préférences Révélées réside, d'une part, dans le contexte particulier du choix et, d'autre part, dans la variation insuffisante des situations de choix (conditionnées par les choix réels qui renvoient souvent à des mécanismes routiniers ou relatifs au degré d'apprentissage de l'usager). D'autre part, ces données sont collectées dans un environnement non contrôlé : la non-corrélation des données recueillies n'est pas garantie. Qui plus est, des erreurs de mesure peuvent survenir (erreur dans les valeurs d'approximation). Enfin, l'enquêté peut falsifier ses réponses pour justifier son comportement personnel.

Le résultat est qu'il est difficile d'inférer sur des situations de choix non observées, dans la mesure où il y a "fragilité" de la fonction de demande de trafic sur certaines portions de cette fonction. D'autre part, pour Lalonde (1986), la question de l'efficacité de l'économétrie se pose face à la faiblesse des données issues d'événements fortuits en traduction littérale (on parle d'« *happenstance data* » en anglais). Notamment, cela pose la question de la pertinence des données de préférences révélées et des hypothèses sur la variable stochastique pour inférer sur la théorie.

Tableau 1 : Classification des données collectées en transport

<i>Contrôlé vs. non contrôlé</i> <i>Laboratoire vs. terrain</i>	Données expérimentales (EP) (contrôlées)	Données d'enquêtes, issues d'événements fortuits (environnement non contrôlé)
Données produites en laboratoire	1 Données expérimentales de laboratoire : données produites en laboratoire en environnement expérimental contrôlé (<i>Laboratory experimental Data</i>) <i>Economie expérimentale</i> <i>Simulation contrôlée</i>	3 Données produites dans le contexte du laboratoire sur la base d'un environnement réel (<i>Laboratory-Happenstance Data</i>) <i>Préférences déclarées</i> <i>Simulation non contrôlée</i>
Données issues du	2 Données issues d'expériences faites sur le terrain	4 Données issues d'un environnement réel non contrôlé

terrain	<i>(Field-Experimental Data)</i>	<i>(Field-Happenstance Data)</i>
	<i>Direct method (DIME)¹</i>	<i>Préférences révélées</i>

Source : librement adapté de Friedman et Sunder (1994)

Au sein des données expérimentales produites en laboratoire, on intègre à la fois les données d'économie expérimentale et les données de simulation. Il est nécessaire de bien distinguer ces deux types de données tant leur contexte de production et leur portée sont différents. Tout d'abord, en termes d'objectifs, la simulation consiste à produire des données. En revanche, l'économie expérimentale, si elle peut éventuellement également se prêter au besoin de cette production d'observations, a principalement pour objet la réfutation de modèles théoriques. Dès lors, cette distinction justifie que le contrôle sur les variables testées soit d'intensité différente dans les deux méthodes. Dans une expérience, l'obligation de respecter la clause *ceteris paribus* pour juger de la robustesse d'un modèle impose le contrôle stricte de toutes les variables. En effet, la procédure de test consiste à observer les conséquences du relâchement d'une variable sur la décision des joueurs. En revanche, l'objectif de la simulation n'étant pas la réfutation de modèles théoriques, le contrôle des variables est plus relatif. Certes, l'environnement de production des données (le simulateur) reste contrôlé, mais les sujets ont pour objectif de se comporter dans le cadre de cet environnement sans que le chercheur maîtrise l'ensemble des variables de choix. En outre, la simulation ne respecte pas un certain nombre de principes de base constituant l'expérimentation économique (voir plus loin). Notamment, l'originalité de l'économie expérimentale demeure la rémunération des joueurs en fonction de leurs actions dans l'expérience. Ainsi, dans la simulation, la rémunération des joueurs permet de couvrir la désutilité issue de la participation à l'expérience (dédommagement des frais de transport par exemple) et de fournir éventuellement un budget pour agir dans l'expérience (acquitter un péage par exemple). Dans l'expérience, la rémunération des joueurs ne possède pas ce simple rôle "technique" mais est un élément crucial du contrôle de l'environnement expérimental. En substance (le développement fait l'objet du point suivant), la rémunération des joueurs doit respecter certains principes (Insatiabilité - Dominance - Proéminence). Ils assurent que toute décision des joueurs dans l'expériences est strictement incitée par (et seulement par) leurs conséquences financières. Autrement dit, en économie expérimentale, chaque joueur doit assumer les conséquences monétaires de ses choix.

Avant de passer à une description plus précise de l'expérimentation économique, on peut succinctement apporter quelques éléments de définition (Davis et Holt, 1993, Friedman et Sunder, 1994). On parle d'*expérience* pour un ensemble de sessions de production d'observations en environnement contrôlé. Une *série d'expériences* est un ensemble d'expériences sur la même problématique. Un *protocole expérimental (design)* est une spécification du contrôle des variables. Par exemple, si l'expérience consiste à tester 2 niveaux de prix sur la décision des joueurs, un protocole sera une série de 3 sessions expérimentales. Chaque session aura pour objectif de tester un niveau de prix. La première utilisera le premier niveau, la deuxième utilisera le deuxième niveau, la troisième reprendra le premier niveau. Le protocole définit les règles de jeu (règles d'échange par exemple)

¹ Il s'agit des méthodes où les données sont produites directement sur le terrain en plaçant les sujets devant un choix dont ils doivent assumer l'ensemble des conséquences (pertes ou gains monétaires ou ajustement du schéma d'activité, etc.). Hauer et Greenough (1982) utilisent cette méthode pour estimer des valeurs du temps. Il proposent à des usagers du métro de Toronto une certaine somme d'argent pour accepter de "rater" une rame et attendre la rame suivante.

expérimental. Une *session expérimentale* est une séquence de jeux sur un même groupe de joueurs le même jour.

Par exemple, la série d'expériences sur le marché de l'affectation des créneaux aériens (Grether, *et. al.*, 1989, décrites plus loin) comprend plusieurs expériences (réparties sur plus d'une dizaine d'années). Chaque expérience a pour objet le test et l'évaluation de l'efficacité d'un mécanisme d'enchère spécifique. Chaque expérience est fondée sur un protocole spécifiant les règles de jeu relatives à un mécanisme d'enchère précis.

2.1.3. L'économie expérimentale appliquée aux choix de transport comme troisième voie

2.1.3.1 *Eléments de définition de l'économie expérimentale*

L'expérimentation économique consiste en la reconstitution, en laboratoire, d'une situation économique simplifiée pour laquelle l'ensemble des variables est contrôlé par l'expérimentateur. Le principe est d'inviter des sujets (la plupart du temps, des étudiants) à agir dans le cadre d'un jeu défini par l'expérimentateur. Les règles du jeu reprennent la structure de la situation économique réelle reconstruite. Les sujets (les joueurs) ont chacun un rôle d'agent économique (acheteur, vendeur) dont les caractéristiques sont définies par l'expérimentateur par des préférences, des technologies, des dotations monétaires et informationnelles. Chaque décision d'un joueur dans le jeu lui procure un gain (ou une perte) exprimé sous forme monétaire. Le principe de base est que chaque joueur doit assumer les conséquences financières des choix qu'il a effectués au cours de l'expérience. Les joueurs étant néanmoins des individus *a priori* tous différents, la pertinence de l'expérimentation économique repose sur la théorie de la valeur induite (Smith, 1976) qui permet de s'assurer du contrôle des paramètres expérimentés. Cette théorie est construite autour de 5 principes :

- a. *Insatiabilité* : l'agent (joueur) préfère toujours disposer de plus de rémunération que ce qu'il détient déjà, ce qui signifie que l'utilité de chaque joueur est une fonction monotone croissante de ses gains ;
- b. *Proéminence* (saliency) : les gains du joueur sont une fonction, qu'il connaît parfaitement, de ses actions possibles et des éventuelles actions des autres joueurs. La proéminence permet de distinguer l'économie expérimentale des enquêtes traditionnelles et de la simulation dans la mesure où elle assure une incitation pour les joueurs à agir en laboratoire comme ils agiraient dans le réel. L'incitation revient à dire que le joueur doit assumer toutes les conséquences financières de ses choix ;
- c. *Dominance* : les gains monétaires issus de l'expérimentation expliquent les actes des joueurs mieux que tout autre facteur, ce qui signifie que toute autre influence que les gains sur le joueur est négligeable pour sa prise de décision dans le jeu ;
- d. *Secret* : l'agent est seul à connaître ses propres dotations et ses gains au cours du jeu, même s'il peut être amené à connaître les résultats agrégés au cours du jeu. Ceci garantit son autonomie de choix ;
- e. *Parallélisme* : il s'agit de la mesure de la différence entre le réel et le laboratoire, autrement dit, la validité externe des données produites dans le laboratoire. Cette condition laisse la possibilité d'inférer du laboratoire au réel, autrement dit, elle permet de prétendre que les régularités comportementales observées en laboratoire doivent persister en réel aussi longtemps que les conditions sous-jacentes restent inchangées. C'est sans doute sur ce point que l'économie expérimentale rencontre le plus fort scepticisme. L'argument est de dire que les comportements économiques dans la grande échelle ne peuvent en aucun cas être reproduits à petite échelle par des étudiants. Une réponse (Plott, 1982) est de rétorquer qu'une théorie robuste est faite pour fonctionner dans tous les cas, même les cas spéciaux en

laboratoire, du moment que la clause *ceteris paribus* est respectée. S' il y a échec en laboratoire, alors la théorie doit être révisée.

Lorsque les conditions 1 et 2 sont réunies, elles suffisent pour accepter l'existence d'une expérience économique. Les conditions 1, 2, 3 et 4 réunies assurent le contrôle nécessaire au sein de l'économie expérimentale, ce qui garantit la possibilité d'inférer statistiquement sur la théorie. Lorsque les 5 conditions sont réunies, cela offre la possibilité d'inférer de l'expérimentation contrôlée vers l'environnement "réel".

2.1.3.2. Les grands principes de l'expérimentation économique (Smith, 1982)

L'économie expérimentale a pour principal objet de tester une théorie. La procédure de réfutation par l'expérimentation revient à interroger la théorie dans un cadre spécifique défini par un environnement, une institution et des comportements. Ce cadre doit être conservé lorsque l'économie expérimentale est employée pour de produire des données.

2.1.3.2.1. Un environnement simplifié et contrôlé

Il s'agit de l'ensemble des caractéristiques de l'expérience, c'est-à-dire le nombre d'agents, le nombre et le type de bien considéré dans le jeu. Ce sont également les caractéristiques propres de chaque joueur soient les relations de préférences, les fonctions d'utilité, les dotations initiales, les fonctions de coûts et de production. L'environnement fonde le socle sur lequel repose le protocole expérimental.

2.1.3.2.2. Une institution

C'est l'ensemble des moyens de communication entre joueurs dans le jeu. Autrement dit, ce sont les règles de décision (en fait les règles du jeu) qui organisent les choix individuels et les éventuelles interactions entre les joueurs dans le cadre environnemental défini. Il s'agit concrètement du protocole expérimental.

2.1.3.2.3. Des comportements

C'est l'ensemble des choix d'action des joueurs étant données leurs caractéristiques définies dans l'environnement et les règles institutionnelles liant leurs choix et leurs gains.

Dans ce cadre spécifique, l'originalité principale de l'économie expérimentale est que l'économiste - expérimentateur de laboratoire contrôle à la fois l'environnement et les règles institutionnelles. De fait, il peut concentrer son attention sur la pertinence des hypothèses sur les comportements. Notamment, son travail porte sur l'observation des réactions comportementales à des changements qu'il génère lui-même dans l'environnement ou dans les institutions. Ce n'est pas le cas pour l'économètre qui ne contrôle aucun des trois éléments, ni pour l'économiste - expérimentateur de terrain qui ne peut éventuellement que contrôler les institutions, c'est-à-dire les règles d'échange.

Deuxièmement, l'existence de ce cadre spécifique bien défini assure à l'économie expérimentale de procurer au chercheur une totale responsabilité sur les données produites. L'expérimentateur contrôle la totalité du processus de production des données (Hey, 1991). En aucun cas l'expérimentateur ne dépend d'un organisme tiers chargé de la production des données qui lui sont vendues à un coût en général supérieur à ce qu'on rencontre en économie expérimentale (Friedman et Sunder, 1994).

Enfin, le fait que l'environnement et les institutions soient clairement définies, totalement et parfaitement contrôlables, permet la diffusion publique des protocoles. Les expériences

peuvent ainsi être aisément répliquées ce qui laisse de grandes potentialités pour juger, de la robustesse d'une théorie en respectant fortement la clause *ceteris paribus*.

2.1.3.3 Les objectifs de l'économie expérimentale

Les objectifs de l'économie expérimentale sont résumés dans le triptyque énoncé par Roth (1987). L'économie expérimentale est avant tout un outil de réfutation de modèles théoriques existants (« *Speaking to Theorists* »). Les observations expérimentales permettent de tester les prédictions théoriques et de mettre en évidence des régularités comportementales non prédites par les modèles. L'économie expérimentale permet d'explorer des situations peu ou mal théorisées (« *Searching for Facts* »). Les expériences ont donc pour objet d'isoler les causes des régularités non prédites par les modèles et d'en proposer une formalisation nouvelle. Enfin, l'économie expérimentale a pour objet d'aider à la décision (« *Whispering in the Ears of Princes* »). Les expériences peuvent être initiées par des instances décisionnelles. Leur objet est alors d'apporter des éléments d'évaluation des changements dans les règles d'échange (institutions) sur un marché ou dans la structure même d'un marché.

2.1.3.4 L'originalité de l'économie expérimentale par rapport aux préférences déclarées / révélées

On relève trois différences fondamentales :

Le but de l'économie expérimentale n'est tout d'abord pas d'estimer les fonctions d'utilité et les fonctions de demande - sauf dans des cas particuliers où la théorie n'existe pas ou est notoirement défailante. L'issue d'une série d'expériences n'est pas de réaliser une estimation des coefficients pondérant les variables retenues intervenant dans le choix de l'utilisateur - avec pour objectif de limiter le poids du résidu dans les choix -, comme c'est le cas pour les méthodes de préférences déclarées ou révélées.

Pour les méthodes de préférences déclarées, les sujets ne sont pas rémunérés en fonction de leurs performances en termes de choix. De fait, aucun mécanisme d'incitation ne permet de penser que les sujets enquêtés répondent véritablement ce qu'ils feraient réellement dans la situation économique testée.

Enfin, l'enjeu en termes de réfutation d'un modèle théorique n'existe pas ou peu pour les méthodes de préférences déclarées ou révélées. Des modèles empiriques fondés sur des techniques de régression économétriques remplacent d'autres modèles empiriques moins efficaces en termes de variance expliquée ou de comparaison prévisions *ex ante* / résultats *ex post*.

Conclusion

L'économie expérimentale, de par ses spécificités, pourrait permettre de pallier les insuffisances des méthodes de préférences déclarées ou de préférences révélées utilisées dans le domaine des transports, insuffisances qui limitent l'efficacité des modèles de prévision de trafic. Par ailleurs, la possibilité de contrôler l'environnement permet d'obtenir une grande variabilité des situations de choix tout en évitant les problèmes habituels des méthodes de choix hypothétiques, dans lesquelles les sujets n'ont pas à assumer la responsabilité de leur choix.

2.2. L'expérimentation en transport comme outil de production de données : la voie de la simulation

A l'issue de cette réflexion méthodologique, il est possible de faire la différence entre les différentes méthodes. Toutefois, les spécialistes des transports ont souvent recours à l'expérimentation de manière plus ou moins contrôlée. L'idée est alors de décrire brièvement cette famille de méthodes pour la distinguer de l'économie expérimentale.

La simulation² permet de réaliser des expériences en laboratoire - dont le niveau de contrôle varie - avec des sujets, éventuellement, de "vrais usagers". Le recours à la simulation en transport a été fortement stimulé par les thématiques de recherche émergentes sur la télématique et l'information routière, peu de méthodes pouvant fournir les données dynamiques et contextualisées nécessaires.

Deux familles de simulation sont présentées ici. Le premier type de simulateur Bonsall *et al.* (1994), développé notamment en Angleterre a pour objectif d'étudier l'impact de différentes variables (vitesse, tarification, signalétique) sur le comportement de l'utilisateur vu comme un conducteur - le point de vue adopté étant clairement celui de l'utilisateur-conducteur.

L'environnement décisionnel se veut le plus proche possible de l'environnement qu'il connaît pour l'avoir expérimenté. L'autre famille de simulateurs développée aux Etats-Unis (Mahmassani et Herman, 1990) considère la dynamique de réseau et l'interaction entre usagers. L'utilisateur se "déplace" dans un réseau où le trafic est simulé sur la base des interactions entre participants générées par le choix de chacun.

2.2.1. Simulateurs de choix d'itinéraires

De nombreux simulateurs de choix d'itinéraire furent développés dans la décennie. Pour ne citer que quelques travaux auxquels il est le plus souvent fait référence : IGOR de Bonsall et Parry (1990), FASTCARS de Adler, Recker et Mc Nally (1993), Koutsopoulos, Lotan et Yang (1994), VLADIMIR de Bonsall *et al.* (1994). Leur principal point commun est d'avoir été conçus pour évaluer l'impact des systèmes d'information sur les choix individuels d'itinéraire.

2.2.1.1 D'IGOR à VLADIMIR

IGOR, simulateur mis au point par P. Bonsall et T. Parry en 1990 à l'*Institute for Transport Studies* de l'Université de Leeds représente une première génération de simulateurs de choix d'itinéraire où il est demandé aux participants d'effectuer des déplacements sur un réseau hypothétique. Le problème du manque de réalisme, voire de vraisemblance, de l'exercice incita les auteurs d'IGOR à travailler à un simulateur dont l'interface utilisateur soit plus réaliste, moins abstraite et moins hypothétique. Ces travaux, également menés à l'Université de Leeds, permirent de mettre au point VLADIMIR (Bonsall *et al.*, 1994), développé dans le cadre du programme européen DRIVE. L'objectif premier était de tester l'impact des formes de l'information prodiguée aux usagers - des panneaux à messages variables (PMV) ou des systèmes de navigation embarqués - sur les comportements de choix d'itinéraire.

Les enquêtés doivent « conduire » le simulateur (ou plus justement utiliser un programme installé sur PC portable en utilisant des flèches directionnelles du clavier) à travers un réseau qui leur est familier. Ils effectuent leur choix d'itinéraire en temps quasi-réel, avec la

² En transport, il existe différentes formes de simulation. Nous ne traitons ici que des simulateurs de choix d'itinéraire appelés parfois également simulateurs de prise de décision (decision-making simulators), ne retenant de la simulation que les expériences contrôlées menées en laboratoire avec des sujets qui plus est, éventuellement, de « vrais usagers ».

possibilité de recourir à de l'information qui peut prendre toutes les formes possibles (différents types de PMV, Radio, Systèmes de navigation), d'emprunter une voie à péage. Les lieux sont figurés par plusieurs centaines d'images numérisées, semblables à autant de vues prises au volant d'un véhicule. Les informations telles que l'état du trafic, le temps de parcours, la vitesse donnée par un compteur - et un bruit de moteur - ainsi que les instructions viennent se superposer à cette vue à travers le pare-brise³. Selon la position relative des messages (intérieur du véhicule pour les systèmes de navigation embarquée, accotement pour la signalétique), les usagers *savent* si l'information proposée est privée ou bien de connaissance commune. Les déplacements sont caractérisés par leur origine, leur destination mais également par un contexte (motif, contrainte à l'arrivée) qui est systématiquement précisé. Les comportements accidentogènes sont sanctionnés. La durée d'un déplacement peut aller de 25 à 40 minutes maximum, l'expérience se terminant par quelques questions de *debriefing* qui permettent de recueillir des informations sur le réalisme du simulateur et le degré d'implication des participants.

2.2.1.2 Expériences, résultats et enseignements

- Dans le cadre du programme DRIVE, une série d'expériences a été réalisée pour tester la forme et l'impact des panneaux à messages variables sur le comportement des usagers en milieu urbain et interurbain entre 1994 et 1995 (Bonsall et Merrall, 1995). Cette expérience⁴ vise à tester l'efficacité des PMV mais également l'impact de la forme et du contenu informatif du message délivré. L'analyse des données par un modèle LOGIT révèle que les comportements s'avèrent moins prévisibles en présence de PMV qu'ils ne le sont sans PMV. Connaître et prévoir les comportements dans un système sans PMV est un préalable nécessaire à la prédiction du comportement d'un système avec PMV. Ce résultat confirme la nécessité d'une approche - qu'elle soit expérimentale ou opérationnelle - *contrôlée* qui mette en évidence l'impact de la modification d'une variable (en $t = 1$) sur le système tel qu'il est connu dans son état initial (en $t = 0$).

- Les expériences menées ultérieurement, ont été réalisées afin de tester l'impact d'une tarification sur les choix d'itinéraires. Ces travaux étudient le consentement à payer des usagers selon l'information sur le niveau du péage, selon la forme du péage (notamment péage à modulation horaire) et testent les conséquences de cette tarification sur la conduite (et notamment la prise de risque) des usagers (Bonsall, Palmer, Cho and Thorpe, 1997). L'intérêt de ces travaux est double : d'une part, ils mettent en évidence les risques pour la sécurité des usagers que représente la mise en place d'une tarification en temps réelle - d'un point de vue éthique un tel résultat est impossible à obtenir autrement. D'autre part, sur le plan méthodologique, ces expériences semblent particulièrement intéressantes dans la mesure où les participants recevaient une rémunération (Bonsall, 1997). Dans cette expérience, les participants reçoivent une dotation initiale de plus de 10 livres, somme qui sert à acquitter *effectivement* le péage durant l'expérience et à rémunérer les sujets en fin d'expérience. La rémunération des sujets en début d'expérience a pour double objectif d'ajouter au réalisme de l'expérience (le péage n'étant pas purement fictif) et à inciter les participants à se comporter comme ils le feraient effectivement s'ils étaient confrontés à cette situation. Seulement, les

³ L'état du trafic est figuré par un véhicule apparaissant en pointillés sur l'image représentant l'infrastructure sur laquelle se trouve l'utilisateur. Sur ce dessin est indiqué le niveau de trafic (faible, moyen ou élevé).

⁴ Cinq types d'information pouvaient être fournis (localisation des incidents, nature de l'incident, avertissement d'un risque de retard, estimation du retard, recommandation). Les 457 enquêtés, sélectionnés afin de préserver une certaine représentativité, devaient réaliser le même parcours (mêmes OD et contraintes) avec et sans PMV.

auteurs estiment n'avoir atteint ces objectifs que partiellement dans la mesure où les conséquences d'une conduite dangereuse « du simulateur » n'ont rien de commun avec leurs conséquences réelles. L'échelle des conséquences associées aux décisions ne peut ici être parfaitement proportionnelle et parallèle à celle des conséquences rencontrées hors du laboratoire.

Les expériences réalisées par simulateur pour tester l'impact de l'information sur les choix individuels de déplacements confirment la nécessité d'un contrôle expérimental rigoureux. La réflexion lancée sur les mécanismes incitatifs destinés à impliquer davantage les enquêtés, est un enseignement qui nous semble également important.

2.2.1.3 Vers une validation des données collectées.

Les données recueillies servant notamment à calibrer des modèles de type LOGIT, le problème de la validité des données se doit d'être abordé. La question essentielle à laquelle les travaux de validation tentent d'apporter une réponse à la suivante : le comportement des sujets dans un système simulé est-il identique au comportement qui serait le leur dans le système réel (reproduit par le simulateur) ? Les auteurs proposent trois modalités de réponse à cette question :

- *la validation par les utilisateurs-usagers* : estiment-ils s'être comportés comme ils l'auraient fait dans la réalité. Ces informations peuvent être collectées lors du *debriefing*. Mais comment évaluer cette appréciation des sujets, dans la mesure où elle peut être source de biais ?

- *la validation par comparaison des prédictions* : ses prédictions sont-elles significativement différentes de celles obtenues par des modèles calibrés à partir de données plus traditionnelles ?

- *la validation par comparaison des décisions prises dans des circonstances réelles équivalentes*. C'est la validation la plus complète, mais bien évidemment la plus difficile à réaliser : comment obtenir la réponse des usagers à des systèmes d'information non mis en place, et comment connaître leur réaction à toutes les formes que cette information peut prendre ?

Essayant de contourner ces difficultés, Bonsall *et al.* (1998) examinent la validité de VLADIMIR par rapport à chacun de ces trois critères de validation. Les résultats incitent à examiner les commentaires des joueurs en *debriefing*, précisément, afin d'éliminer les données qui manifestement ne présentent pas de garanties suffisantes. Bien que encourageante, la comparaison des sources de données ne permet pas, à ce stade, de tirer de conclusion définitive.

2.2.1.4 Commentaires conclusifs

Les travaux menés à L'Université de Leeds par Peter Bonsall et ses collègues sont particulièrement intéressants car sans doute les plus proches de l'économie expérimentale. D'autre part, les auteurs ont adopté une démarche et une réflexion particulièrement complète. L'intérêt de ces travaux est lié au souci de comparaison des données obtenues avec VLADIMIR à des données obtenues par d'autres types d'enquêtes ayant fait leurs preuves. L'interrogation sur la validité des données et le parallélisme entre ce qui se produit dans le laboratoire et en dehors du laboratoire sont un souci permanent des auteurs. La chronologie des recherches montre également comment le simulateur est devenu, plus qu'un outil à générer des stimuli, un outil à générer des incitations. Bonsall (1997) ouvre un débat sur l'utilisation des incitations monétaires dans les enquêtes menées dans le domaine des transports (auxquelles il a eu recours pour les expériences menées sur le péage, cf. supra).

Sur ce dernier point, on peut cependant émettre un doute quant à l'utilisation faite des incitations monétaires dans les expériences décrites plus haut. Les auteurs utilisent les rémunérations monétaires en tant que dotation initiale pour compenser la désutilité de participer à l'enquête, et pour que les enquêtés n'aient pas à payer le péage de leur poche. En fait, ils n'utilisent pas réellement cette rémunération comme une structure d'incitation, comme c'est le cas en économie expérimentale. En cela, les travaux menés en économie expérimentale peuvent apporter beaucoup aux réflexions menées sur la façon la plus appropriée de fournir une réelle incitation contrôlée aux usagers dans la mesure où c'est l'un de ses domaines de pertinence.

2.2.2. Des expériences impliquant de vrais usagers interagissant dans un système de trafic simulé

2.2.2.1 Expériences utilisant des simulateurs « Simulation-supported experiments »

Les travaux menés par H.S. Mahmassani à l'Université du Texas (Austin) à la fin des années 80, visent à étudier la dynamique des décisions individuelles dans le cas des déplacements domicile-travail. Les données de trafic sont d'un niveau trop agrégé pour pouvoir permettre une meilleure connaissance des comportements individuels. Or, il est difficile de collecter des données au niveau individuel par des enquêtes classiques de préférences révélées ou déclarées dans la mesure où il faut être en mesure de replacer l'individu dans le contexte fortement variable et fortement interactif qui est celui du trafic. Pour ces raisons, les premières expériences « de laboratoire » sont lancées à l'Université du Texas (Austin) en 1986. Trois expériences sont menées. Les deux premières ne comportent qu'un choix d'heure de départ sur itinéraire unique. La troisième propose un choix d'itinéraire en sus du choix d'heure de départ. Chaque expérience compte 100 participants, travaillant à l'Université du Texas à Austin. Lors de l'expérience, qui se réalise quotidiennement pour reproduire la temporalité réelle du déplacement, les instructions sont données de façon à éviter les comportements coopératifs ainsi que l'accès à des sources d'information extérieures. Les instructions fournies aux participants leur indiquent qu'ils doivent se rendre sur leur lieu de travail à 08:00 heures précises.

Dans la première expérience, aucune information n'est fournie aux participants outre leur performance de la veille (*i.e.* leur heure d'arrivée). Dans la seconde expérience une information supplémentaire leur est donnée : ils connaissent pour chaque choix d'heure de départ possible, l'heure d'arrivée prévisionnelle. Dans la troisième expérience, ces deux niveaux d'information sont combinés. Ces éléments posés, les participants doivent effectuer leur choix (d'heure de départ, et le cas échéant d'itinéraire). Ces informations collectées sont agrégées et entrées dans un simulateur de trafic (Macroparticle Simulation Model - MPSM) qui fournit en retour les temps de parcours et l'heure d'arrivée de chaque participant, étant donné le trafic simulé à partir des décisions individuelles. Les agents, *par l'intermédiaire du simulateur*, sont placés en interaction. A partir de ces informations, les usagers peuvent réviser leur choix d'itinéraire et leur choix d'heure de départ, le jour suivant. Cette expérience est réalisée sur plusieurs semaines. Les contraintes de déplacement en termes de contexte et de destination sont supposées proches des contraintes effectives et réelles rencontrées par les usagers dans leurs déplacements domicile-travail.

Les travaux réalisés dans les années 90 à l'Université du Texas, permettent la réalisation d'un simulateur interactif intégré⁵ - *i.e.* un simulateur de trafic couplé à une interface utilisateur afin de fournir des informations sur le trafic généré par l'interaction des usagers.

2.2.2.2 Résultats et enseignements tirés de ces expériences

Ces travaux apportent des éléments de réponse aux problèmes suivants : sur l'impact de l'information sur l'équilibre du système, sur l'étude empirique de l'adaptation comportementale aux modifications de l'environnement, sur la pertinence de la formulation de nouvelles hypothèses comportementales, et enfin sur le plan purement méthodologique.

- *Tester l'impact de l'information sur l'équilibre du système* : les expériences suggèrent que le contexte de l'expérience influence fortement les résultats. Dans certains cas (choix d'heure de départ simple), plus l'information est complète, et plus la convergence du système est difficile du fait de la plus forte volatilité des comportements. Dans d'autres cas - choix d'itinéraire et choix d'heure de départ - le résultat contraire peut être obtenu selon la fraction de la population disposant de l'information la plus complète. A partir d'un certain nombre d'usagers disposant du niveau d'information le plus élevé, l'information joue clairement un rôle contra-productif.

- *Etude de l'adaptation comportementale aux modifications de l'environnement* : les expériences confirment la flexibilité plus grande des choix d'heure de départ sur les choix d'itinéraire. Lorsque les fluctuations du trafic deviennent plus fortes et donc lorsque leur heure d'arrivée connaît de fortes fluctuations, les participants ont tendance à utiliser l'ensemble des possibilités qui leur sont offertes : changer d'itinéraire et d'heure de départ. Ce constat incite les auteurs à reformuler une hypothèse comportementale.

- *Formulation d'une hypothèse comportementale en termes de rationalité limitée* : les expériences montrent que les agents n'utilisent pas tous les moyens à leur disposition pour ajuster leur comportement. Ils ne le font qu'à partir d'un certain seuil. Avant ce seuil, les ajustements sont effectués à la marge. Le fait qu'un seuil de tolérance du retard à l'arrivée soit dépassé les incite à modifier leur stratégie de façon plus radicale. Si l'on accepte cette hypothèse, on peut relire les résultats de la façon suivante : le seuil de tolérance portant sur l'heure de départ est moins large que celui portant sur le changement d'itinéraire (marquant une préférence pour un itinéraire ou une adaptation psychologiquement plus coûteuse).

- *La méthode utilisée* : Les auteurs relativisent leurs résultats dans la mesure où ils sont issus d'un cadre expérimental est que la question de la validité externe se pose, donc. Cependant, ce type d'expérience peut selon les auteurs permettre de réaliser des développements théoriques, de formuler de nouvelles hypothèses, sans lesquels aucune étude empirique n'est possible. D'autre part, ce type de données permet de tester la spécification des variables avant que des enquêtes de terrain d'ampleur plus vaste soient réalisées. On peut même penser que la spécification d'un modèle à partir de ce type de données fournissent des corrélations identiques à celles observables à partir de données non expérimentales - l'estimation des paramètres ne pouvant être que sensiblement différente.

2.2.2.3 Commentaires conclusifs

Ces expériences montrent le souci de réalisme dont ont fait preuve les expérimentateurs. Le souci de parallélisme entre déplacements quotidiens et « déplacements expérimentaux » est patent. Les expériences s'inscrivent dans un schéma d'activité qui est effectivement celui des

⁵ Macroparticle Simulation Model (MPSM), ne constitue pas à proprement parler un simulateur intégré dans la mesure où l'interface entre les décisions individuelles et le simulateur n'est pas encore réalisée.

employés de l'Université du Texas à Austin. L'expérience est réalisée en semaine, l'heure d'arrivée au lieu de travail est fixée à 8:00 et cet horaire est impératif, l'expérience est répétée quotidiennement.

Cela garantit-il au fond le parallélisme entre comportement « réel » et comportement expérimenté ? Cela ne nous semble pas certain pour plusieurs raisons. D'une part, la durée de l'expérience est très brève et demande un investissement personnel relativement faible (il n'y a pas à proprement parler de protocole, les instructions étant très simples) par rapport à la tâche réalisée. L'enchaînement des choix en une session expérimentale nous semble plus pertinent dans la mesure où elle permet un contrôle total des conditions de l'expérience et des variables testées. Enfin, la « contrôlabilité » de l'environnement n'est plus garantie dans la mesure où l'expérience est fractionnée, et dure plusieurs semaines. Cette solution semble être une solution de compromis, qui ne fournit pas « la preuve » qu'il y ait parallélisme entre données réelles et expérimentales. Si l'utilisation d'un simulateur pour reproduire les interactions propres à la congestion (*i.e.* des interactions non linéaires) est un apport très intéressant. Sans doute faudrait-il tester l'impact de la forme d'interaction choisie pour simuler les effets de la congestion sur les résultats.

2.2.3 Conclusion

Les travaux que nous avons choisi de présenter illustrent parfaitement dans quelles circonstances le recours à l'expérimentation en transport devient nécessaire pour répondre à certaines questions; là où d'autres méthodes ont une portée plus limitée. La chronologie de ces recherches, permet de mettre en évidence un affinement des conditions de contrôle et de maîtrise du cadre expérimental, d'une part, ainsi que de la structure incitative, d'autre part. Le problème du parallélisme, la question du réalisme des conditions de la simulation sont des points particulièrement sensibles pour les auteurs qui travaillent à l'élaboration de simulateurs. La simulation fonctionne par une analogie en reproduisant des circonstances réelles (sans nécessairement aller jusqu'à embarquer un système de navigation dans un véhicule...). Or, les réponses des usagers à leur environnement dépendent moins de l'environnement, tel qu'il est, que de la présence des incitations (stimuli) dans cet environnement. Autrement dit, pratiquer l'expérimentation en tentant de reproduire le plus fidèlement possible les conditions de l'environnement simulé permet de répondre à certaines questions, sur la perception de l'environnement notamment. Cependant, la présence du plus grand nombre d'éléments formant l'environnement décisionnel semble d'une part très difficile à obtenir et d'autre part pas nécessairement souhaitable, dans la mesure où les principes mêmes de l'expérimentation incitent à choisir certains éléments de l'environnement et certaines variables de choix.

2.3. Les développements récents de l'économie expérimentale dans les champs connexes de l'économie des transports

Un des paradoxes de l'économie expérimentale est que l'un de ses objectifs est de produire des données comportementales pour aider les décisions et que, pour autant, il existe très peu de travaux d'économie appliquée. Pour autant, certains champs d'étude sont particulièrement enrichissants pour l'économiste des transports : économie publique, marchés, *etc.*

2.3.1. Bref historique

Pour présenter un rapide historique du recours à l'expérimentation contrôlée en économie, on peut situer, de manière presque anecdotique, l'origine de la réfutation par l'expérimentation en économie lors de la mise en évidence du paradoxe de St Petersburg par Bernouilli (1738). L'utilisation de l'expérimentation contrôlée pour construire une courbe d'indifférence *avec des données issues d'expériences contrôlées* remonte à Thurstone (1931). L'expérience a pour principe de demander aux individus de classer leurs choix entre divers couples de vêtements. Sa conclusion est que les données produites dans l'expérience permettent d'estimer de manière pertinente des courbes d'indifférence à partir de données produites en laboratoire. Dans une réponse à Thurstone, Wallis et Friedman (1942) critiquent les conditions de réalisation de l'expérience. Ils reprochent notamment la dimension hypothétique du choix proposé aux sujets en déconnexion avec un choix dans des circonstances économiques réelles. Ainsi, même de manière inconsciente, le sujet cherche (« *in entire good faith* ») à faire des réponses plausibles qui sont pourtant mal spécifiées et au global non crédibles en termes économiques. Rouseas et Hart (1951) proposent une expérience en réponse aux remarques de Wallis et Friedman. L'expérience reprend le protocole de Thurstone. Le sujet est amené à choisir entre des menus de petits déjeuners différemment composés. L'expérience gagne en crédibilité et réalisme du choix dans la mesure où les agents sont contraints de manger la composition de leur choix avec interdiction "d'épargner" pour un temps futur. Ils doivent ainsi assumer leur choix.

De manière plus analytique, les travaux d'économie expérimentales couvrent trois champs différents de recherche. Tout d'abord, il faut évoquer les expériences de jeux de marché, initiées par Chamberlin (1948). Leur objet est de tester les prédictions de la théorie des prix néoclassiques et leur application aux institutions de marché, et notamment au cadre de l'organisation industrielle. Ensuite, les expériences sur la décision individuelle s'intéressent au comportement des agents dans un contexte d'incertitude exogène sur les issues de leurs décisions. L'intérêt des expériences sur la décision individuelle est d'étudier les hypothèses comportementales fondant les axiomes de la théorie de l'utilité espérée (von Neumann et Morgenstern, 1947, Savage, 1954). Les développements expérimentaux portent sur la pertinence de nouvelles théories de choix dans l'incertain. Enfin, il faut évoquer les expériences concernant la théorie des jeux non-coopératifs. Leur objet est de d'étudier les comportements stratégiques des joueurs lorsque la décision d'un agent est influencée par le comportement d'autres agents. Les premiers travaux (Flood, 1958) abordent la question de la détermination d'une solution dans le jeu dit du "dilemme du prisonnier" et discutent de la pertinence d'un équilibre de Nash (situation pour laquelle aucun joueur n'a intérêt unilatéralement à dévier de l'équilibre). L'application directement testée de manière expérimentale est la question du prix d'oligopole. Bien qu'un regroupement des agents serait plus profitable pour eux que la concurrence, chacun a une incitation à dévier d'une alliance (Siegel et Fouraker, 1960, Fouraker et Siegel, 1963).

2.3.2. Les expériences de marché

Dans une perspective d'étude du fonctionnement de nouveaux marchés (passage à l'économie de marché) ou de la modification des institutions de marchés existants (déréglementation), les expériences de marché ont pour principal objet d'évaluer l'efficacité de règles alternatives d'échange. L'enquête de terrain semblant trop coûteuse et parfois politiquement risquée, le passage par l'expérimentation de laboratoire permet de reconstituer les institutions de marché et de tester la performance de mécanismes d'échange alternatifs. Les jeux de marché trouvent leur plus grand intérêt dans l'étude de l'organisation industrielle.

2.3.2.1. Le protocole type des expériences de marché

L'objet des expériences de marché est de tester la pertinence des prédictions théoriques d'une institution de marché. Concrètement, un jeu de marché se présente de la manière suivante. Les joueurs ont, pour certains, le rôle d'acheteur et, pour les autres, le rôle de vendeur. Ils doivent échanger sur un marché des quantités d'un bien quelconque pendant une session de marché. Dans un échange, chaque acheteur est rémunéré par la différence entre le prix d'échange et une valeur initiale qui lui est fournie (*redemption value*). C'est en quelque sorte une valeur de rachat par l'expérimentateur à l'acheteur du bien échangé sur le marché. Il s'agit donc de la valeur maximale que l'acheteur est prêt à payer pour obtenir une quantité du bien. Dans un échange, chaque vendeur est rémunéré de la différence entre le prix d'échange et un coût (de production) dont la valeur lui est initialement fournie. C'est l'équivalent du coût pour se fournir le bien auprès de l'expérimentateur afin de le mettre sur le marché. Autrement dit, il s'agit de la valeur minimale que le vendeur est prêt à accepter pour vendre une quantité du bien sur le marché. Au regard des valeurs initialement données aux joueurs, on détermine les courbes d'offre et de demande sur le marché. On calcule le prix et la quantité d'équilibre devant être en théorie échangée. On évalue le surplus des vendeurs et des producteurs, donc le surplus global maximum sur le marché. La théorie prédit ainsi que le processus d'échange standard maximise les gains des joueurs et prévoit 100% d'efficacité. En théorie, le surplus devrait être parfaitement réparti entre les acheteurs et les vendeurs.

2.3.2.2. Marchés et mécanismes d'enchères

D'une manière générale, l'objet des jeux de marché est d'étudier le processus de détermination des prix dans différentes structures de marché et différentes règles institutionnelles d'échange sur le marché. La microéconomie, en tant que « théorie des prix », n'apporte en effet aucune théorie sur le mécanisme de fixation du prix d'équilibre. On ne peut rien savoir sur ce processus puisque sur le marché standard, les agents ne sont que "preneurs de prix", sauf à considérer l'existence d'un agent fictif - le commissaire-priseur de Walras - qui règle les échanges par processus de tâtonnement, ce qui ne dit rien sur le rôle du comportement des agents (acheteurs et vendeurs) dans le mécanisme de fixation du prix. L'idée des jeux de marché est d'apporter un éclairage sur la question. Notamment, il s'agit de discuter des arguments permettant de comprendre comment un prix particulier, converge ou diverge du prix d'équilibre prédit par la théorie, émerge d'une situation d'échange particulière (concurrence pure, oligopole). C'est le rôle des mécanismes d'enchères, en tant que règles institutionnelles, de permettre d'étudier le comportement des agents dans la fixation du prix sur un marché. On distingue différents mécanismes d'enchères selon le type de marché considéré. Tout d'abord, dans le cas des marchés où l'un des deux types de joueurs reste passif, c'est-à-dire lorsque les vendeurs (ou les acheteurs) attendent la fixation du prix à l'issue des enchères du côté des acheteurs (ou des vendeurs) et acceptent l'échange lorsque le prix fixé par le mécanisme est favorable étant données leurs valeurs initiales respectives. On dénombre dans ce type de marché quatre mécanismes d'enchères. Les enchères anglaises (*English auctions*) où les agents annoncent oralement des enchères successives pour l'acquisition (ou la cession) d'un bien. Les enchères sont de plus en plus fortes jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'enchères annoncées sur le marché. La plus haute enchère (la plus faible enchère) emporte (cède) ainsi le bien du moment qu'elle dépasse le coût du vendeur du bien (ou qu'elle ne dépasse pas la valeur de rachat de l'acheteur). Les enchères hollandaises (*Dutch auctions*) fonctionnent sur le principe inverse des enchères anglaises. Pour un marché où les acheteurs sont actifs, les enchères partent d'un prix très élevé et descendent progressivement (comme un compteur) jusqu'à ce qu'un acheteur achète le bien au niveau d'une certaine enchère. Les enchères au premier prix (*First-price auctions*) se réalisent sur papier. Les

acheteurs font des enchères privées (scellées) et le bien est attribué, après ouverture publique de toutes les enchères, à l'enchère la plus élevée dans le cas d'enchères à l'achat. Les enchères au second-prix (*Second-price auctions*) sont également des enchères écrites et privées. Le principe est le même que celui des enchères anglaises à la différence que le prix de vente du bien est fixé à la deuxième plus forte enchère. Dans le cas des marchés où les deux types de joueurs sont actifs, on dénombre deux mécanismes d'enchères. Le mécanisme de double enchère (*Double-auction*) consiste à confronter les enchères publiques faites simultanément par les acheteurs et les vendeurs. Un échange se conclut lorsqu'un acheteur et un vendeur sont d'accord sur une enchère. Le marché s'arrête lorsqu'il n'y a plus de réponses aux enchères proposées à la vente ou à l'achat. Le mécanisme des enchères à prix affichés (*Posted-offer auctions*) se décompose en deux temps. D'abord, les vendeurs annoncent de manière privée (individuellement, sur papier) leur prix de vente et les quantités offertes à l'échange pour ce prix. Dès que tous les vendeurs ont déterminé leur prix de vente, les prix sont divulgués publiquement à tous les joueurs, acheteur et vendeurs. Une seconde phase commence alors où les acheteurs sont invités, l'un après l'autre, dans un ordre aléatoire, à se prononcer sur leur désir d'acheter à un des vendeurs les quantités de biens proposés au prix affiché par ce dernier. Le processus continue jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'offre sur le marché.

2.3.2.3. Application des jeux de marché

La première étude expérimentale sur le fonctionnement des marchés est de Chamberlin (1948). En réponse aux échecs du marché standard constatés lors de la grande dépression, l'idée de Chamberlin est de tester la pertinence du modèle néoclassique et de proposer une théorie sur la concurrence monopolistique. Dans les expériences de Chamberlin, les joueurs, munis de leurs valeurs initiales, sont libres d'échanger, sans contrainte de mécanisme institutionnel d'échange. Les résultats des expériences menées par Chamberlin dévient toujours des prédictions théoriques. Notamment, les quantités échangées sont toujours supérieures aux quantités d'équilibre. Smith, un étudiant "expérimenté" de Chamberlin, intrigué par ces résultats, propose de répliquer ces premières expériences. Smith est gêné par l'environnement des expériences. En particulier, il récuse la totale liberté laissée aux joueurs pour échanger et l'absence d'information parfaite sur les prix négociés. Dans ses expériences, Smith (1962, 1964) teste un marché à double enchère comme règle d'échange avec information publique sur les prix. Les observations des expériences de Smith convergent vers l'équilibre théorique. Ayant ainsi montré la robustesse du modèle standard, les développements de Smith portent alors sur les effets d'un changement des institutions d'échange - notamment, de la forme des enchères -, sur l'efficacité du marché. De manière générale, les expériences sur des marchés à mécanisme de double enchère produisent des résultats permettant d'assurer la robustesse du modèle de marché concurrentiel. En revanche, les marchés testant les enchères à prix affichés produisent des résultats plus mitigés. Les observations des expériences convergent plus lentement vers l'équilibre et réagissent difficilement aux variations de l'environnement - comme une demande non anticipée par exemple. Les développements théoriques vont aujourd'hui dans le sens suivant : ils mettent en évidence, par l'expérimentation, les conditions dans lesquelles - selon le mécanisme d'enchères considéré - l'efficacité d'un marché n'est plus pertinente. Notamment, les expériences de Holt, *et. al.* (1986) montrent comment les paramètres déterminant les courbes d'offre et de demande favorisent l'efficacité du marché à double enchère. En modifiant les paramètres (en donnant plus de force sur le marché à un type d'agent par exemple), les observations divergent de l'équilibre et tendent vers un prix reflétant le poids donné au type d'agent.

Les principaux développements des jeux de marché sont orientés vers l'analyse de l'organisation industrielle. Pour illustration, citons les expériences de Hong et Plott (1982) qui comparent deux mécanismes d'enchères comme règle d'échange sur le marché du transport fluvial du grain. Ils mettent en évidence l'inefficacité du mécanisme des enchères à prix affichés sur ce marché précis. Grether et Plott (1984) mesurent l'efficacité de plusieurs mécanismes institutionnels sur le marché des additifs pétroliers et montrent en quoi les règles en vigueur sont défavorables pour les consommateurs. Les derniers développements expérimentaux concernent les théories de la contestabilité et des prix de prédatons (Isaac et Smith, 1985).

2.3.3. Expériences sur la théorie du choix en avenir incertain

Pour reprendre la présentation de Willinger (1990), on peut dire que le corps des théories de la décision fait deux sortes de jugements sur les individus :

- des jugements sur les préférences des individus ;
- des jugements sur les croyances des individus.

Toute théorie de la décision décline donc une certaine conception des préférences des individus, de leurs croyances, mais également du lien entre ces croyances et ces préférences. La théorie de l'utilité espérée (Von Neumann et Morgenstern, 1944; Savage, 1954) suppose que les préférences peuvent être appréhendées par une fonction d'utilité, et les croyances par les probabilités. D'autre part, elle suppose l'indépendance entre ces deux dimensions, à savoir que l'utilité des conséquences ne dépend pas des probabilités.

2.3.3.1. les croyances peuvent-elles être assimilées à des probabilités ?

A la base de la grande majorité des théories de la décision, et particulièrement de la théorie de l'utilité espérée, utilise une hypothèse de recours implicite ou explicite au calcul des probabilités. Une revue très complète de cette question est faite dans Camerer (1995). On peut distinguer deux types de problèmes étudiés par ces travaux :

- *les problèmes de « calibration »* des croyances, de perception ou de biais mémoriel, qui intéressent le plus souvent des psychologues. Par exemple, la calibration pose la question de l'écart entre les fréquences d'événements observées dans le passé et les jugements en termes de probabilités sur ces mêmes événements faits par des individus (une bonne calibration indique que l'écart entre les deux est faible) ;

- *le problème de la révision des croyances* en présence d'information au cours de l'expérience (révision bayésienne notamment). Bien évidemment, dans la plupart des expérimentations, le théorème de Bayes est violé de manière quasiment systématique. Ces violations ont pu être expliquées soit par les termes utilisés dans les expériences (interprétation linguistique), soit par le conservatisme (la réticence à changer sa distribution de probabilités), *etc.*

2.3.3.2. Les paradoxes de la théorie de l'utilité espérée (utilité et indépendance)

L'utilité espérée se fonde sur une représentation des préférences de l'agent vis-à-vis des conséquences dans les différents états de la nature mais également vis-à-vis du risque existant sur ces conséquences.

Le paradoxe d'Allais est une remise en cause de l'hypothèse d'indépendance contenue implicitement dans les travaux de Von Neumann et Morgenstern (1947) et de Savage (1954). Cette hypothèse établit que l'introduction dans deux loteries existantes d'une conséquence commune ayant la même probabilité ne doit pas modifier la relation de préférence initiale de

l'individu entre les deux loteries (le fait de "panacher" 2 choix risqués avec une conséquence identique ayant le même niveau d'occurrence ne modifie pas la valeur psychologique de chaque loterie). Allais (1953) montre que cet axiome est susceptible d'être violé, ce qui a été initialement expérimentalement vérifié par MacCrimmon (1965). Egalement, Kahneman et Tversky (1979) sont partis d'une expérimentation à la Allais pour fonder leur théorie des perspectives aléatoires (Munier, 1995)

D'autre part, le paradoxe d'Ellsberg (1961) est censé illustrer l'aversion à l'ambiguïté des agents : l'agent ne dispose que d'une fréquence d'avoir une boule rouge ou une boule noire, et mis en présence de deux choix successifs de paires de loteries, révèle qu'il a considéré dans chaque choix une probabilité différente pour un même événement. C'est également une manière d'infirmer la théorie de l'utilité espérée de Savage (1954), fondée sur la définition de probabilités subjectives, contrairement à la théorie de Von Neumann et Morgenstern (1947) (probabilités objectives). La distribution des croyances de l'agent est alors incohérente.

Au-delà de la violation de diverses hypothèses « internes » de la théorie de l'utilité espérée, d'autres problèmes ont été mis en lumière. Nous en évoquerons deux :

- l'effet de présentation (« *framing effect* ») : normalement, la théorie de l'utilité espérée pose que l'évaluation psychologique des loteries ne dépend pas du « contexte » du choix, c'est-à-dire de la manière de les présenter. Deux psychologues, Kahneman et Tversky (1979) ont alors montré que les préférences sur les loteries n'étaient pas indépendantes de la manière dont on présentait les choix (« *framing effect* » ou effet de « contexte » ou de « présentation »).

- le problème de « l'inversion des préférences » (« *preference reversals* ») : si on demande à un individu le prix qu'il serait prêt à accepter pour renoncer à un billet de loterie, il devrait demander un prix supérieur pour la loterie qu'il "préfère". Notamment un individu averse au risque demandera en théorie un prix plus important pour une loterie plus "sûre" que pour une loterie moins sûre (de variance plus forte, l'espérance des deux loteries étant la même). Or, les jeux expérimentaux (Lindman (1971), Lichtenstein et Slovic (1971)) montrent que les individus demandent un prix plus élevé pour la loterie la moins risquée, ce qui est un signe de "l'inversion" de leurs préférences. Plusieurs explications théoriques viennent expliquer ce phénomène. Elles renvoient dans tous les cas à la violation d'une ou de plusieurs hypothèses théoriques de l'utilité espérée, mais également à des problèmes de *design* expérimental. Au global, compte tenu de la violation de la plupart des axiomes de l'utilité espérée, particulièrement de l'axiome d'indépendance, nombre de travaux expérimentaux cherchent à former une théorie plus large, en montrant que la théorie de Von Neumann et Morgenstern (1947) ne s'applique que dans des cas particuliers qu'il est possible de circonscrire étroitement (Cf. la revue faite dans Munier (1995) des travaux expérimentaux et des familles de méthodes). Dès lors, avant d'utiliser une théorie du choix pour déterminer la "bonne" décision, il faut identifier clairement les caractéristiques de la décision pour retenir la "bonne" théorie du choix.

2.3.4. Les interactions stratégiques et la théorie des jeux

L'économie des transports a la particularité de traiter de biens qui sont rarement des biens publics purs, dans des situations qui sont rarement celle de la concurrence pure et parfaite. Biens publics (souvent impurs), biens de club, effets externes, monopoles sont des situations auxquelles l'économiste des transports est le plus souvent confronté. La réglementation ou la tarification sont des outils souvent requis dans ce type d'environnement économique impur et imparfait. Or, avant de recourir à un type d'incitation plus qu'à un autre, selon la situation à laquelle le décideur est confronté, tester l'impact de l'incitation en question est nécessaire. On tente de montrer les réponses que l'économie expérimentale est susceptible de fournir. Pour

ce faire, on reprend les travaux qui ont été menés sur l'étude des comportements en situation d'interaction. Ces travaux utilisent la théorie des jeux, et notamment le concept d'équilibre de Nash pour modéliser le comportement. Trois thèmes de recherche intéressent directement le champ des transports : l'étude des biens publics purs et impurs, de l'exploitation de ressources (environnementales) communes et des effets externes.

2.3.4.1. Biens publics

L'une des premières expériences réalisées sur l'étude des biens publics fut menée par Bohm (1972). Cette expérience, a le mérite de poser deux questions auxquelles l'économie expérimentale s'est par la suite intéressée : celle du niveau de contribution des agents pour financer un bien public (en l'occurrence une émission de télévision de la radio-télévision suédoise) et celle de l'influence de la forme des incitations sur la révélation du consentement à payer des agents. On présente ici que les problématiques de recherche principales, les expériences dans ce domaine étant très nombreuses (Ledyard, 1995, Davis et Holt, 1993).

2.3.4.1.1. Expériences type de bien public et premiers résultats

On considère deux biens, l'un public et l'autre privé. Chaque individu (supposons qu'ils soient n) possède une dotation initiale en bien privé (généralement cette dotation est exprimée en jetons dans le cadre du jeu). Chaque individu peut investir une partie de ses jetons dans un bien public⁶. La rentabilité de l'investissement dans le bien public est fonction de la taille du bien public produit - il pourra produire de nombreuses externalités positives. La taille du bien produit est fonction du niveau de contribution des n individus, qui est la somme des contributions individuelles. Plus les contributions individuelles sont élevées et plus le rendement du bien public est lui-même élevé. Chaque individu valorise les différentes répartitions entre dotation au bien public et bien privé selon une fonction d'utilité de forme linéaire. Bien que la production d'un bien public soit dans l'intérêt de tous et de chacun, chacun est individuellement incité à ne pas contribuer à la production du bien public. L'investissement privé étant plus attractif si la contribution des autres joueurs est faible. Chacun étant incité à se comporter en passagers clandestins, le niveau de production du bien public risque d'être excessivement bas voire nul.

Le type de situation ainsi décrit permet de poser les différentes problématiques de recherche dans le domaine de l'économie expérimentale appliquée aux biens publics :

- Les données expérimentales corroborent-elles le modèle théorique ?
- Selon la réponse obtenue, peut-on, en modifiant le mécanisme d'allocation ou l'information dont disposent les joueurs ou encore les modalités de coordination, modifier les comportements observés ?
- D'autre part, certains facteurs liés à l'environnement expérimental (taille du groupe, complicité des participants, *etc.*) peuvent-ils avoir une influence sur les résultats trouvés ?
- Enfin, comment dans cette mesure inciter les agents à contribuer davantage à un projet collectif si, sans incitation, ils ne sont pas portés à le faire ?

Les premières expériences⁷ menées au début des années 80 (Isaac, McCue et Plott, 1985) montrent que les individus contribuent plus que la théorie économique ne le prévoyait. Ils investissent en moyenne 40 à 60% de leur dotation individuelle dans le bien public (Davis et Holt, 1993). Mais cette moyenne cache malgré tout de fortes disparités que les expériences

⁶ On trouve également des environnements dans lesquels les agents doivent choisir entre tout contribuer ou ne rien contribuer.

⁷ Il existe des expériences antérieures sur ces questions (Marwell et Ames, 1979, 1980, 1981).

réalisées en fin des années 80 ont tenté d'expliquer. Pour expliquer la variabilité de ces résultats, différentes hypothèses ont été émises.

Première explication possible, les résultats dépendent du nombre de répétition du jeu de base : répéter l'expérience permet aux participants d'engranger de l'apprentissage et éventuellement d'observer le comportement des autres -contribuent-ils eux-mêmes au bien public ? S'ils ne le font pourquoi le ferais-je ? Globalement, on peut conclure que la répétition conduit à accentuer les comportements de type passager clandestin.

Intuitivement, la taille du groupe peut influencer la contribution : plus le groupe est important plus le contrôle social est réduit et plus l'incitation à ne pas contribuer est forte. On peut également penser que l'avantage social de la contribution croît avec la taille du groupe. Or, les expériences (Isaac et Walker, 1988), montrent qu'aucun effet de groupe ne peut être mis en évidence. En revanche, l'effet du rendement individuel semble plus décisif sur le comportement coopératif des joueurs et la combinaison de ces deux effets semble encore plus décisive. Plus la taille du groupe augmente et plus le rendement du bien public augmente conjointement, plus on observe une augmentation de la contribution individuelle au bien public. Les paramètres influençant l'environnement de ces expériences étant mieux connus, les auteurs ont examiné les mécanismes visant à mieux comprendre les moyens d'inciter les joueurs à accroître leur contribution à un projet commun. Ces travaux (Isaac and Walker, 1988), étudient l'impact de la communication sur la contribution individuelle.

2.3.4.1.2. Mécanismes incitatifs : consentement à payer pour un bien public ?

Le cas des biens publics purs est largement considéré comme un cas d'école. Le plus souvent, l'économiste (des transports notamment) est confronté à des biens imparfaitement purs à savoir des biens "congestibles", des biens pour lesquels il est possible de mettre en place des mécanismes destinés à opérer une sélection entre usagers. Dans ce genre de situation, exclure certains usagers améliore la qualité du bien ou du service "public" fourni. Comment opérer une sélection parmi les usagers ? Le critère retenu pour effectuer cette sélection est de conduire les utilisateurs du bien public à révéler leurs préférences pour ce bien, et leur consentement à payer (cf. l'expérience de Bohm (1972)). Les mécanismes d'enchères, très largement utilisés en économie expérimentale (cf. paragraphe concernant les marchés) fournissent l'outil le plus approprié pour répondre à ce genre de question. Une structure de marché est un mécanisme d'incitation (quel que soit le choix des autres usagers) destiné à révéler le véritable consentement à payer des usagers pour le bien public. En cela, il doit être suffisamment incitatif. Une condition supplémentaire serait que cette stratégie soit la stratégie dominante (celle qui s'impose au joueur comme étant la meilleure quelles que soient les stratégies concurrentes).

Le mécanisme dit de Ledyard-Grove est considéré comme le plus efficace. Ce mécanisme impose une taxation marginale à toute offre faite par les joueurs dans la mesure où elle est fonction du niveau de l'offre faite par les agents. Il pénalise les agents qui ne révèlent pas leurs véritables préférences. Pour décrire plus précisément le mécanisme, supposons que n agents doivent produire un bien public. Chacun doit fournir un niveau de contribution individuelle dans la première phase de jeu. Dans la seconde phase, l'expérimentateur informe chaque agent du coût associé à sa contribution. Cette "taxe" est fonction de la part *per capita* du coût marginal (qui est considéré comme constant), et du coût de production *per capita*. Cependant, la forme de cette fonction est complexe et de ce fait les agents ne la maîtrisent qu'imparfaitement, sauf à répéter l'expérience un nombre suffisant de fois pour obtenir une stabilité des offres individuelles émanant des joueurs.

2.3.4.2. Ressources communes

La surexploitation d'une zone de pêche, d'une ressource géothermale par des entreprises fournissant de l'électricité, d'un gisement pétrolifère, l'irrigation d'une zone agricole ou la gestion d'un espace de stationnement dans une agglomération sont autant de situations qui ont en commun d'être des ressources (naturelles ou non) à usage partagé. Les problèmes liés aux ressources communes (tels les prés communaux) furent identifiés dans les années 50 (Gordon, 1954, Hardin, 1968), et depuis lors, ont fait l'objet de nombreuses études appliquées aux différents champs concernés. L'économie expérimentale n'a abordé ces questions qu'à la fin des années 80, parallèlement aux nombreux travaux menés alors sur les biens publics.

2.3.4.2.1. Présentation des situations de type « ressources communes »

L'usage de ressources communes disponibles en quantité limitée ou partiellement renouvelables pose des problèmes de régulation de l'exploitation (*i.e.* de gestion de la demande) et de préservation de la ressource (*i.e.* gestion de l'offre). En effet, les dilemmes associés au partage de ressources communes entre usages concurrents sont liés à la création d'externalités d'appropriation. Dès qu'un exploitant augmente son exploitation de la ressource commune, le rendement (moyen) de l'exploitation *pour tous* les exploitants décroît. En intensifiant sa production, un pêcheur réduit le rendement de l'activité de pêche pour tous les pêcheurs exploitant ces mêmes ressources. Chaque usager ignore l'effet collectif de sa propre décision de production sur le rendement de l'activité. Il y a bien externalité. La théorie économique prédit qu'il y aura surexploitation de la ressource. Différentes solutions peuvent être adoptées face à ce type de problèmes. Une meilleure coordination - *via* des négociations - des utilisateurs peut suffire à enrayer le risque de surexploitation. Si toute coordination est impossible, il est nécessaire de modifier la structure des incitations individuelles en modifiant par exemple les règles d'appropriation de la ressource, en établissant une règle de droit qui arbitrera entre droits de propriétés et règle convenue par le groupe qui devra alors se doter de moyens de surveillance et de sanction en cas de défaillance. Ostrom, *et al.* (1993) utilisent l'économie expérimentale afin de confirmer ou d'infirmer la prédiction théorique selon laquelle il y aura surexploitation. Le principe de ce type de jeu est proche de celui des jeux de type bien public. Les joueurs peuvent investir leur dotation sur deux marchés, l'un (marché 1) où le rendement unitaire est constant et connu de tous, et l'autre (marché 2) où le rendement est supérieur mais décroissant avec le nombre total de jetons investis par tous les joueurs. L'externalité apparaît dans la mesure où la décision d'un exploitant affecte la productivité marginale de tous les autres joueurs, et que c'est le cas pour tous les joueurs.

2.3.4.2.2. Résultats essentiels

Si l'on considère l'agrégation des décisions individuelles dans l'expérience menée par Ostrom, *et al.* (1993), le résultat théorique selon lequel il y a surinvestissement dans la ressource commune (le marché 2 dans le jeu décrit ci-dessus) est confirmé. Le résultat théorique est même dépassé - la surexploitation étant dans le cas de joueurs expérimentés plus importante encore et conduisant à l'extraction d'une rente encore plus faible du marché 2. Il n'y a cependant pas de stabilisation des comportements autour de l'équilibre théorique. D'autre part, tous les comportements individuels ne semblent pas pouvoir être expliqués par le modèle théorique standard. Au niveau individuel, ils semblent l'être davantage par une approche en terme de rationalité limitée. C'est là un premier résultat. Ces résultats ont conduit l'équipe de l'Université d'Indiana à s'interroger sur les moyens de réduire cette tendance à la surutilisation des ressources dans les situations proches de la

théorie coopérative où aucune communication n'est possible entre les joueurs. Ainsi, si l'on autorise la communication entre joueurs quelles seront les issues ? Les expériences menées mettent en oeuvre des protocoles de communication qui permettent aux joueurs de s'entendre sur l'utilisation de la ressource. Plus la communication est permise par les règles du jeu, plus une coopération durable peut s'établir. D'autre part, les joueurs ont mis en oeuvre des stratégies de sanction des individus non coopératifs. Cependant, là encore, l'histoire du jeu a de l'importance dans la décision d'adopter des sanctions à l'égard des contrevenants. Ces résultats semblent plutôt positifs dans la mesure où ils sont conformes à l'analyse des situations de dilemmes liés à l'usage de ressources communes, tels qu'ils sont rencontrés dans la réalité.

2.3.4.3. Effets externes

Les dilemmes de type ressources communes mettent en évidence l'existence d'effets externes négatifs. Nous allons à présent considérer les expériences menées pour étudier l'impact des effets externes sur l'équilibre d'un marché, et les modalités de correction de cette externalité (taxation, ou solution de type coasienne par la négociation).

L'expérience menée par Plott (1983) propose un mécanisme qui vise à montrer l'impact d'une externalité sur le niveau de prix et la quantité d'équilibre d'un marché. Il compare l'efficacité relative de chacune des mesures qui peuvent être proposées dans un contexte qui est explicitement celui de la régulation de la pollution.

Le mécanisme est le suivant : un marché est composé de 6 vendeurs et de 6 acheteurs. Chaque acteur reçoit selon son rôle ses valeurs d'achat (coûts) ou de rachat (à l'expérimentateur pour toute unité achetée ou vendue par jeu). Chaque joueur gagne la différence entre son prix d'achat ou de vente sur le marché et son prix de revente ou de rachat à l'expérimentateur. Jusque là, l'expérience est un jeu de marché traditionnel tel que décrit par Plott et Smith (1978). L'externalité est introduite de la façon suivante : les profits de chaque acteur du marché sont affectés par l'intensité de l'activité sur le marché. Les profits de chaque acteur sont réduits en fonction du nombre total de transactions réalisées sur le marché (chaque transaction a un coût social). Le jeu se déroule selon le principe de double enchère orale. Le résultat de cette expérience montre que les agents négligent le coût social des transactions et ne considèrent que leur coût privé. Cette attitude conduit à un gaspillage de ressources (la quantité d'équilibre du marché est supérieure à la quantité théorique, et ce pour un prix de marché supérieur). A partir de cette expérience, trois scénarios sont tour à tour examinés : la mise en place d'une réglementation qui fixe le niveau socialement tolérable de pollution, l'imposition d'une taxe (tarification au coût marginal) ou la distribution de droits à polluer. Cela suppose la création d'un second marché, marché de droits à polluer par lequel il faut passer avant de se présenter sur le marché principal. Les résultats de ce test montrent que chacun des trois mécanismes « *fonctionne étonnamment bien* », selon l'expression de Plott. La réglementation (l'imposition d'un seuil à partir duquel aucune transaction n'est possible) crée une forte volatilité sur le marché à proximité du seuil en question, c'est la solution la moins efficace. Vient ensuite la taxation, jouée par des sujets inexpérimentés en matière de jeux de marchés (ce qui a pu jouer à la défaveur de cette solution). La mesure la plus efficace et la plus stable est clairement l'allocation de droits à polluer.

Conclusion

Cette brève revue des différents types de travaux expérimentaux amène à la conclusion classique que les marchés expérimentaux tendent plutôt à valider la théorie économique, alors que, dans le cas de la théorie des jeux et a fortiori de la théorie du choix dans l'incertain, les

modèles théoriques sont plutôt infirmés. En-est-il de même dans le cas des travaux d'économie expérimentale appliqués au transport ?

2.4. L'économie expérimentale appliquée au transport

Une des premières remarques à faire est la rareté (au moins quantitative) des travaux d'économie expérimentale appliqués au domaine des transports : tout au plus arrive-t-on à une dizaine de références (sur les dizaines de milliers qui doivent actuellement porter sur le champ de l'économie expérimentale). Ce simple constat prouve l'étendue du chemin à parcourir ou, en voyant les choses de manière plus pessimiste, révèle les difficultés de la mise en oeuvre de l'économie expérimentale appliquée au transport. Toutefois, il faut signaler que, parfois, les travaux réalisés dans ce domaine l'ont été par des expérimentateurs reconnus mondialement. Ceci contribue à mettre en doute l'idée qu'il y a une impossibilité méthodologique majeure à appliquer l'économie expérimentale au domaine des transports.

On peut également séparer les applications de l'économie expérimentale réalisées dans le domaine des transports en trois domaines déjà évoqués, à savoir les mécanismes d'allocation marchande, la théorie du choix individuel et les interactions stratégiques entre individus. Il faut reconnaître que le premier type, l'étude de marchés expérimentaux dans un contexte de transport, est plus que dominant par rapport aux deux autres champs, théorie de la décision et théorie des jeux. Il y a sans doute plusieurs raisons qu'il est possible d'évoquer :

- la première est qu'il n'y aurait pas de spécificité des risques encourus dans le secteur des transports. L'étude spécifique des problèmes de décision individuelle en transport ne mériterait pas alors d'être distinguée. Bien évidemment, l'argument est facilement retournable : c'est justement dans le domaine des choix de transport que sont subis des risques spécifiques, comme le risque d'accident.

- la seconde est *a contrario* que les marchés « concrets » dans le secteur des transports s'éloignent souvent de la représentation théorique de l'équilibre général et de la concurrence pure et parfaite (phénomènes de monopole naturel, *etc.*).

- la dernière, sans doute la plus convaincante, est le besoin d'aide à la décision issu des processus de déréglementation dans le secteur des transports : l'importance des expérimentations en termes de marchés et de procédures d'enchères pour la répartition des licences de taxi, de sillons ferroviaires ou de créneaux aéroportuaires en est un signe flagrant.

2.4.1 L'efficacité de l'allocation marchande et des choix de transport

Concernant le premier type de travaux (marchés expérimentaux), il est assez facile de résumer leurs conclusions, par ailleurs conformes aux résultats plus généraux sur cette question. Le premier résultat général est que toute procédure d'attribution de « droits à transporter » (créneaux aéroportuaires chez Grether *et al.* (1989), licences de taxi chez Fischer *et al.* (1992), sillons ferroviaires chez Nillsson (1997) par un mécanisme d'enchères, c'est-à-dire une logique marchande, est préférable du point de vue de l'efficacité économique à une attribution administrative de ces droits. Ceci renvoie aux résultats habituels de la théorie économique qui établit la coïncidence entre une allocation marchande des droits et une situation d'optimalité. La théorie est donc validée par l'ensemble des expériences, et le surplus de la collectivité est maximal quand un système de prix est utilisé pour réguler les échanges.

D'autres résultats sont établis qui peuvent permettre de « classer » différentes procédures d'attribution marchande de ces droits du point de vue de leur efficacité.

Une remarque importante est que rares sont les expérimentations qui définissent leur jeu dans un contexte de transport : on parle « d'actifs » ou de « projets », mais jamais de « licences » ou de « sillons ». La question qui peut alors se poser est la suivante : y a-t-il une incidence de la contextualisation dans les résultats ? La pratique des expérimentateurs semble aller dans le sens d'une réponse positive à cette question, en évitant toute contextualisation dans le jeu. La seule contextualisation acceptée renvoie aux sujets de l'expérience : on semble accepter l'idée que des joueurs « expérimentés » (sans jeu de mots !), c'est-à-dire connaissant professionnellement l'objet d'étude (par exemple des chauffeurs de taxi), puissent participer et que l'on confronte leurs résultats à ceux des joueurs « inexperimentés ».

Les domaines de la théorie du choix dans l'incertain et de la théorie des jeux appliqués aux choix individuels de transport sont beaucoup moins explorés du point de vue expérimental. Seuls les récents travaux du LET cherchent à défricher ce domaine. Sans doute pourra-t-on objecter encore une fois qu'il n'y a pas de spécificité suffisante des choix de transport par rapport à d'autres types de choix. Intellectuellement, cet argument semble valable mais est difficile à accepter. L'économie expérimentale appliquée au transport ne pourrait-elle pas être à l'économie expérimentale ce que l'économie appliquée est à la théorie économique ? D'autre part, on ne voit pas pour quelles raisons il serait possible d'utiliser les marchés expérimentaux dans l'aide à la décision publique en transport et pas la théorie de la décision ou la théorie des jeux. Toutefois, le débat est loin d'être tranché. Les résultats expérimentaux en matière de choix individuel de transport restent peu nombreux, et la complexité des expérimentations rend leur interprétation souvent difficile. Il reste un effort significatif de simplification des protocoles et de rigueur afin de mieux contrôler l'environnement des choix. Il faut toutefois dire que ces expérimentations permettent de mieux comprendre les réactions des joueurs à une congestion incertaine et la dynamique des choix dans un contexte d'information changeante sur le trafic. Dans le domaine de la théorie des jeux, la seule expérience effectuée, en transports, est celle de Weimann et Schneider (1997).

2.4.2 Revue exhaustive des travaux d'économie expérimentale appliqués au transport

2.4.2.1 Jeux de marché

2.4.2.1.1 Applications au domaine de l'aérien

La déréglementation du marché du transport aérien aux Etats-Unis, a fait l'objet de plusieurs travaux en économie expérimentale. Le contexte politique de la fin des années 70 - l'« Airline Deregulation Act » de 1978 - a sans doute largement stimulé la recherche dans ce domaine. Dans ce domaine trois papiers sont présentés : Grether, D.M., Issac, R.M., Plott, C.R. (1981), Guler, K., Plott, C.R. (1987), Grether, D.M., Isaac, R.M., Plott, C.R. (1989)

• *L'objet du papier de Grether, D.M., Issac, R.M., Plott, C.R. (1981)* est de faire le point, au vu des résultats expérimentaux, sur l'efficacité de l'affectation des créneaux horaires aux compagnies aériennes dans un contexte de rareté. On note que le papier ne présente que les logiques qui sous-tendent les divers mécanismes et les résultats en termes d'efficacité et de prescription de politique économique. Aucun *design* expérimental n'est présenté.

La structure de réglementation du marché sur un aéroport (CAB - Civil Aeronautics Boards) est formalisée dans le papier par un jeu coopératif de négociation entre entreprises suivant une règle de décision avec vote à l'unanimité. Cette structure a pour objet de décider de l'affectation des créneaux aériens entre les entreprises, chacune représentée par un agent au sein de la CAB. Le modèle montre que l'affectation est sous-optimale dans la mesure où toute

l'information n'est pas disponible pour toutes les entreprises. La solution théorique veut qu'aucune entreprise n'accepte une allocation qu'elle préfère moins qu'une solution par défaut, c'est-à-dire une situation sans accord entre les entreprises. La résolution de la négociation par la CAB tombe sur la solution par défaut faute de mieux. Il y a échec de la commission. Les auteurs proposent 4 mécanismes permettant de débloquent le jeu : une loterie d'affectation des créneaux, une affectation par système d'enchères, une affectation suivant le principe d'un privilège issu de l'histoire des affectations précédentes et une affectation par voie administrative. Dans chacun des processus, la solution par défaut est un seuil de menace. Les expériences menées confirment les résultats théoriques de sous-optimalité de la solution par défaut. Les entreprises ne devant pas recevoir d'affectation étant donnée leur structure de coût en obtiennent si la solution par défaut leur est favorable. Tout entrant potentiel, dans le mécanisme d'affectation par le CAB, entre et remet en cause l'efficacité du marché si sa structure de coûts n'est pas compatible avec le marché.

En conclusion, les analyses expérimentales montrent qu'il est souhaitable que le CAB supprime toute clause anti-trust. Il serait même profitable de remplacer la CAB par un processus d'enchères permettant de valoriser les créneaux aériens. De plus, le système d'enchères devrait permettre de financer l'accroissement de l'offre. Il reste, à l'issue du papier, à évaluer l'efficacité de chaque système d'enchères possible.

- *Guler, K, Plott, C.R. (1987)* examine un mécanisme d'enchères concernant les droits d'atterrissage sur un aéroport. Elle mesure l'impact des enchères sur le revenu de l'opérateur remportant le droit. Le papier présente les résultats expérimentaux testant le mécanisme.

- *Grether, D.M., Isaac, R.M., Plott, C.R. (1989)* reprend les conclusions de l'étude répondant à la commande de l'administration de l'aviation civile américaine de 1979 initiée par le « *Airline Deregulation Act* » de 1978. L'objectif de l'étude est d'analyser des méthodes d'allocation des créneaux aériens entre entreprises concurrentes afin de déterminer un mécanisme pertinent au regard des objectifs du « *Airline Deregulation Act* », les résultats sur le comportement de la commission d'allocation et sur le fonctionnement du marché n'ayant jusqu'alors jamais été examinés de manière expérimentale. Ainsi, les critères d'évaluation d'un mécanisme d'allocation sont la garantie d'opérationnalité des commissions de faible taille ; efficacité du mécanisme ; flexibilité du mécanisme aux changements économiques touchant les entreprises ; prédisposition à une structure monopolistique ou de regroupement ; coût de fonctionnement du mécanisme. Le papier présente une analyse des mécanismes alternatifs d'allocations des créneaux aériens et de la structure du mécanisme existant - la règle de décision d'allocation de la commission (CAB) est le vote à l'unanimité des entreprises représentées dans la commission ou une allocation par défaut si l'unanimité n'est pas rencontrée. L'analyse est complétée de résultats d'expériences où la règle est le vote à l'unanimité, mais où la solution par défaut varie. D'autres mécanismes d'allocation sont testés expérimentalement et leur pertinence est comparée avec le mécanisme initialement pratiqué par la CAB.

2.4.2.1.2 Applications aux licences d'exercice de services de taxi

Fischer, A.J., Burns, J.P.A., Meyler, M.J., Tiernan, P., Hatch, J.H. (1992) traite du marché des licences donnant le droit d'exercer un service de taxi. L'objet est d'apporter des réponses aux réflexions de l'administration d'Adélaïde qui souhaite connaître les conséquences possibles d'une augmentation du nombre de licences sur le marché. Le contexte sur lequel repose explicitement le *design* expérimental est le marché des licences de taxi à Adélaïde. Sur ce marché, le nombre de licences est limité et fixe. Les licences sont négociables. Elles ont donc une certaine valeur qui croît en tendance selon leur rareté par rapport à la demande croissante de déplacements en taxi. Sous de fortes pressions politiques - l'augmentation du nombre de

licences poussant à la baisse la valeur des licences déjà présentes - sur le marché, le projet d'émettre de nouvelles licences est suspendu par l'administration. La question générale de l'étude est de savoir *in fine* si l'augmentation de l'offre de licences peut permettre d'accroître le surplus des consommateurs. De plus, il s'agit de voir dans quelle mesure une augmentation limitée en quantité du nombre de licences entraîne une augmentation de la valeur des licences déjà sur le marché. Il s'agit de voir, en outre, si, dans un environnement expérimental, la valeur des licences est différente selon que l'augmentation de l'offre se fait par la vente de nouvelles licences cessibles par leur propriétaire ou par la location de licences disponibles sur une période donnée et non revendables.

La série d'expériences compte 12 expériences réalisées sur papier. Les caractéristiques des joueurs varient entre les expériences. Certaines sont classiquement constituées d'étudiants, d'autres de fonctionnaires du gouvernement, d'autres encore de chauffeurs de taxi. Le *design* expérimental reconstruit au plus proche le marché des licences de taxi d'Adélaïde. Il n'est cependant jamais fait référence à un marché de licences de taxi de façon explicite (on parle d'"actifs"). Les joueurs sont dotés initialement d'un certain nombre de licences. La distribution des dotations initiales suit proportionnellement la distribution effective des licences sur le marché d'Adélaïde. Certains joueurs ne possèdent au départ qu'une licence alors que d'autres en possèdent deux ou trois. Le jeu se déroule sur quatorze périodes. L'issue d'une période influe sur la structure du marché de la période suivante. La possession d'une licence procure au joueur un revenu dans chaque période de jeu, à moins qu'il ne vende cette licence à un autre joueur. Son revenu est alors le produit de la vente. Une licence louée n'est pas revendable. Elle procure un revenu sur la période de son acquisition, puis disparaît. Le revenu procuré par une licence est identique pour tous les joueurs sur une même période. Il croît à raison de 4% par période. Sa valeur initiale reste toutefois incertaine (il existe quatre valeurs équiprobables - 40, 50, 60 70 "dollars expérimentaux"). L'incertitude est contrôlée par l'expérimentateur. A chaque nouvelle période, une quantité de nouvelles licences est proposée à la vente ou à la location sur le marché. L'augmentation du nombre de licences proposé sur le marché correspond au projet de l'administration, soit environ +5% de licences par période. Les joueurs ont donc la possibilité soit d'acheter ou de louer des licences, soit de ne pas acheter de licences et de recevoir un revenu d'un investissement bancaire alternatif dont le taux de croissance est fixe et automatique (+10% par période). La règle institutionnelle des échanges est le système de double enchère orale (confrontation offre - demande). Les joueurs sont clairement informés que leur objectif est de maximiser leur gain à l'issue des quatorze périodes. Trois stratégies leur sont conseillées : obtenir l'intérêt de leur placement alternatif, recevoir le revenu de la possession de leurs licences, percevoir le gain de la vente de leur licences. Les joueurs sont rémunérés en fin d'expériences à hauteur de leur richesse accumulée au cours des jeux. Pour commencer l'expérience, les joueurs sont dotés initialement de 100 "dollars expérimentaux".

De manière théorique, on calcule pour chaque période la disposition des joueurs à payer pour l'achat ou la location d'une licence, selon que l'agent est neutre, averse au risque ou s'il préfère le risque. On détermine également la valeur d'une licence en deçà de laquelle les joueurs réalisent un profit. Dès lors, on détermine l'évolution théorique de la valeur des licences de période en période.

Les résultats expérimentaux suivent les résultats théoriques. Il existe néanmoins dans certaines expériences un effet spéculation qui provoque une augmentation un peu plus forte de la valeur des licences, plus forte que celle attendue. Néanmoins, les résultats montrent qu'une augmentation de 5% du nombre de licences sur le marché n'a pas d'effet perceptible significatif sur le prix des licences. De plus, il n'y a pas non plus de différence significative entre la vente et la location des licences. Le seul impact possible est compensé par d'autres

facteurs comme une tendance à la spéculation. Or, d'après les auteurs, cela est peu probable sur le marché d'Adélaïde tant le comportement des agents seraient averse au risque du fait des sommes en jeu - elles sont proportionnellement plus élevée que celles utilisées dans l'expérience. En termes de validité externe du modèle, il est évident que les résultats doivent être accompagnés de la clause *ceteris paribus* tant quantités de paramètres propres au marché d'Adélaïde ne sont pas pris en compte dans la formalisation. Néanmoins, si les résultats ne peuvent pas être totalement appliqués, selon les auteurs, ils donnent des indications, pour un coût relativement faible.

2.4.2.1.3 Applications au marché du transport fluvial

Hong, J.T., Plott, C.R. (1982) est un article issu d'une demande de la Commission pour le Commerce entre Etats Américains concernant les prix du transport fluvial. Au début des années 80, le marché du fluvial fonctionne aux Etats-Unis de la façon suivante : les prix font l'objet de négociations privées entre les opérateurs fluviaux et leurs clients potentiels - notamment les opérateurs ferroviaires. L'information sur les prix du marché reste de ce fait privée. Sous la pression des opérateurs de transport ferroviaire, la Commission pour le Commerce entre Etats doit décider de la nécessité de rendre public tout changement de prix sur le marché du transport fluvial⁸. L'argument avancé par les compagnies ferroviaires est le suivant : rendre l'information publique améliore la compétitivité du marché et permet de protéger les petits opérateurs des ententes secrètes réalisées par les opérateurs de plus grande taille.

Reproduire ce marché dans un cadre expérimental suppose de réaliser des adaptations permettant de prendre en compte les caractéristiques de ce marché : telles que la différence de taille des opérateurs intervenant sur la marché, ou la nature cyclique de la demande. Si ces caractéristiques ne sont pas reproduites, « si un élément important a été mal spécifié ou omis, alors le comportement observé en laboratoire sur ce marché risque de ne pas pouvoir être étendu au marché du transport fluvial, et des expériences appropriées et complémentaires doivent être menées afin de vérifier les conclusions des premières expériences. » (traduit de Hong, Plott, 1982).

Ces précautions méthodologiques posées, les auteurs conçoivent leur expérience de la façon suivante : les fonctions de demande et d'offre du marché sont estimées en fonction des demandes et offres du marché réel. De même, la division de l'expérience en périodes reproduit les cycles de demande - une phase de demande élevée puis une phase de demande normale. Deux types de marché sont expérimentés : prix affichés et prix négociés. Les auteurs présentent leur résultats ainsi : « Les résultats sont faciles à analyser. La politique de prix affichés conduit à des prix plus élevés pour des volumes échangés moindres et des pertes d'efficacité. Qui plus est, cette politique est défavorable à la plupart des participants du marché, surtout ceux qui sont de petite taille, elle n'aide que les acheteurs de grande taille. » (traduit de Hong, Plott, 1982).

Les limites de ces expériences tombent sous le coup des critiques pouvant être adressées aux marchés avec enchères orales.

2.4.2.1.4 Applications au marché des sillons ferroviaires

• *Brewer, P.J.; Plott, C.R. (1994)* est à replacer dans le contexte de la dérèglement du secteur ferroviaire. La question posée dans le papier est motivée par la controverse concernant le passage d'un système centralisé d'affectation des sillons horaires ferroviaires à un système

⁸ Le transport sur le haut Mississipi et sur les canaux de l'Illinois sont pris pour modèle dans la mesure où le transport de vrac représente une part importante du trafic.

décentralisé, en Suède. L'idée est que l'administration ferroviaire suédoise (Banverk) conserve la propriété et la responsabilité de l'entretien de l'infrastructure, mais vende l'accès aux sillons ferroviaires à des entreprises privées. La question est de savoir quel mécanisme peut efficacement accomplir cette tâche. La controverse vient de ce que les aspects techniques de réseaux empêchent la réalisation de tous les systèmes d'allocation décentralisée possibles. Le papier explore les propriétés d'un *mécanisme (Binary Conflict Ascending Price - BICAP)* permettant de répondre à cette controverse - il est examiné dans un contexte expérimental reprenant les problèmes techniques. *BICAP* fonctionne comme suit : on demande à chaque opérateur de faire des enchères pour l'exploitation d'un sillon. Les enchères se font de manière continue dans le temps. A l'instant t , plusieurs enchères sont proposées - il y a plusieurs propositions d'exploitation d'un sillon, et autant de train que d'enchères. L'opérateur qui fait la plus grande enchère remporte l'exploitation du sillon et toutes les autres enchères sont annulées. L'allocation optimale est celle qui prend en compte toutes les enchères (par sillon) non conflictuelles et qui celle dégage le plus grand avantage. Les expériences confirment qu'un mécanisme décentralisé résout les problèmes techniques liés à la priorité d'affectation des sillons et génère une allocation donnant presque 100% d'efficacité. L'analyse des comportements sur le marché expérimental montre que ce résultat ne doit rien au hasard. Les comportements observés sont conformes avec les prédictions théoriques. Néanmoins, les auteurs soulignent qu'un environnement plus complexe se rapprochant du marché réel doit être testé et que le mécanisme doit être étendu à une plus grande échelle afin de considérer des comportements possibles de coordination, ou les externalités de réseaux entre opérateurs.

- Nilsson, J.-E. (1997) porte également sur l'affectation des sillons ferroviaires dans la perspective de déréglementation du réseau ferroviaire suédois. Le contexte théorique renvoie aux problèmes d'indivisibilités et d'inélasticité de l'offre sur un réseau à capacité limitée. Dans le respect des directives européennes de libéralisation du service de transport ferroviaire, le papier analyse une forme spécifique d'allocation des sillons ferroviaires utilisant une procédure décentralisée du type "enchère à la Vickrey (1961)".

L'expérience teste une structure de marché basée sur un réseau de noeuds (gares) reliés par des lignes à capacité limitée. L'échange porte sur l'affectation d'un sillon, c'est-à-dire d'un vecteur constitué d'un train, d'une heure de départ depuis une gare de départ, d'une heure de passage à différentes gares, d'une heure d'arrivée à une gare de destination. Un certain nombre d'opérateurs en concurrence se positionnent sur le marché pour obtenir l'exploitation d'un sillon. *A priori*, la demande génère des situations de conflits pour lesquels des trains se chevauchent sur un sillon ou se rencontrent au croisement de deux sillons. Le mécanisme traditionnel d'affectation des sillons suit une liste de classement des trains en fonction de leur type (voyageur, fret, etc.) ce qui rend le système inefficace en termes économiques. Le principe proposé est de donner une valeur à chaque sillon par le biais d'un mécanisme d'enchères de second rang à la Vickrey. Le prix du sillon alloué à un opérateur rémunère les avantages abandonnés par les autres opérateurs pour l'usage de ce sillon. De manière théorique, l'organisme chargé de l'affectation des sillons cherche un équilibre qui maximise la valeur totale d'un sillon sous la contrainte des conflits potentiels, étant donné un vecteur d'enchères annoncé par chaque opérateur (sillon préféré et sillon de second rang dans l'ordre des préférences). Le mécanisme s'effectue sous information parfaite et le processus est renouvelé jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de nouvelles enchères.

11 expériences de marché composées de 6 joueurs et de 8 sillons à affecter sont réalisées. Le jeu est mené par ordinateur. Il y a 10 jeux prévus dans la limite des 4 heures par expérience. Les joueurs sont dotés pour chaque sillon de valeurs proportionnelles à leur disposition à payer pour obtenir ce sillon (*redemption*

value). Pour l'affectation d'un sillon, chaque joueur annonce son enchère. Le sillon (appelé "projet" - dans l'expérience, aucune référence n'est faite au contexte ferroviaire) est vendu à l'enchère la plus haute au prix fixé au niveau de l'enchère de second rang. Le profit pour le joueur qui emporte le sillon est la différence entre sa disposition à payer et le prix à payer effectivement. La gestion de conflits entre sillons se gère en déplaçant les sillons dans le temps et en ajustant à la baisse pour chaque joueur "déplacé" sa disposition à payer. Au global, les solutions expérimentales sont très proches de l'efficacité théorique. Le mécanisme d'enchère de second rang génère entre 90 et 100% d'efficacité suivant les expériences. L'auteur constate toutefois une difficulté à interpréter les comportements des joueurs. Certains semblent avoir peiné à comprendre les règles de jeu, ce qui réduit leur gains et restreint l'avantage social. L'auteur note que si le mécanisme testé donne des résultats encourageants, rien ne permet de conclure qu'il s'agisse du meilleur mécanisme d'allocation des sillons ferroviaires. De plus, il souligne que la méthode de résolution des conflits reste très simple et ne prend pas en considération toutes les dimensions du réel. D'où l'importance d'évaluer divers mécanismes d'incitation. Enfin, Nilsson s'interroge sur la fiabilité des résultats en termes politiques. Comment s'assurer que l'allocation soit optimale et que le partage des avantages soit équitable ?

2.4.2.2 Théorie des jeux et théorie de la décision

Comme cela est signalé en introduction, peu de travaux ont été réalisés en économie expérimentale appliquée au transport. Sont repris ici : Denant-Boemont, L., Petiot, R. (1999), Schneider, K., Weimann, J. (1997), Delvert, K., Petiot, R. (1999).

- *Denant-Boemont, L., Petiot, R. (1999)* s'intéresse à la valeur d'information sur le trafic routier dans un contexte de choix séquentiel en transport. Dans une situation de congestion routière croissante, la question de la disposition à payer une information en temps réel sur l'état du trafic se pose. De manière théorique, il s'agit d'étudier le choix de transport des agents dans un environnement d'information croissante. L'article se situe dans la lignée des travaux sur l'évaluation de l'accroissement en connaissance des agents sur le trafic pour des capacités routières données. De manière générale, la conclusion est que l'amélioration de l'information accroît le surplus du consommateur. Mais l'avantage peut être réduit si trop d'agents sont informés. Ces travaux supposent une information gratuite et des choix statiques. Le papier a pour but de tester un modèle de valeur de l'information dans un contexte de choix dynamique de transport où des informations payantes sont proposées aux joueurs. L'objectif est d'expliquer dans quelle mesure les agents considèrent l'information payante dans un environnement où la congestion est croissante, et comment ils modifient leur choix de transport quand ils détiennent cette information sur le trafic.

Les expériences sont réalisées avec trois groupes de dix étudiants. Le jeu décrit un choix séquentiel de transport. Les joueurs ont l'objectif d'arriver en un point B à une heure donnée (17h00) en partant d'un point A. En début de jeu, ils sont tous informés de la capacité des infrastructures routières et du temps de parcours minimum sur chacun des itinéraires. Pour réaliser leur objectif, ils ont 3 niveaux de décision. Tout d'abord, ils doivent choisir un mode de transport (Train et Route). Le choix du train équivaut à une sortie du jeu et la rémunération pour cette option est certaine et relativement faible. A l'issue de ce choix, s'ils ont opté pour la route, ils ont la possibilité d'acheter une information leur donnant le trafic sur la route, c'est-à-dire le nombre de joueurs ayant réellement choisi la route dans la phase de choix précédente. Ensuite, ils doivent choisir leur itinéraire entre une voie rapide et une voie lente dite « locale ». Une fois leur choix effectué, une deuxième information sur le trafic sur la voie rapide (c'est-à-dire le nombre réel de joueurs ayant choisi cet itinéraire, leur est proposée à la vente). Enfin, ils doivent choisir leur heure de départ depuis A. Leur heure d'arrivée réelle en

B dépend de leur choix d'heure de départ et du temps de parcours sur l'itinéraire choisi. Ce temps de parcours varie selon l'itinéraire choisi et le nombre d'autres joueurs sur cet itinéraire. Lorsque ce nombre dépasse les capacités de l'infrastructure, leur temps de parcours augmente. Les joueurs sont initialement dotés de 60 ECU (Experimental Currency Unit) en début d'expérience. Le jeu est répliqué dix fois. La fonction de paiement des joueurs est fondée sur une fonction de coût de transport classique de type Vickrey (1969). Elle possède un terme de temps de transport, un terme de temps d'avance par rapport à l'heure posée comme objectif et un terme de temps de retard par rapport à l'heure objectif. Le temps de retard est largement détérioré par rapport au temps d'avance. Dans l'expérience, les capacités routières et le prix de chaque information varient entre les jeux.

De manière théorique, on calcule, pour chaque décision sur le choix routier, une espérance de gain selon qu'un joueur maximisateur de gain neutre au risque choisit d'acheter l'une des deux informations ou les deux informations. L'information devrait ainsi être achetée lorsque la valeur de l'information (c'est-à-dire la différence entre le gain espéré avec information et le gain espéré sans information) est supérieure au prix de l'information. Etant donné l'aspect dynamique du choix de transport proposé, les joueurs devraient préférer acheter la deuxième information qui est plus fine que la première et qui leur permet d'optimiser le choix d'heure de départ optimal.

Les résultats expérimentaux permettent de ne pas rejeter la théorie de la valeur d'information. Les joueurs ont en effet significativement acheté l'information lorsque la valeur de l'information était supérieure au prix de l'information. En outre, les comportements observés dans les expériences semblent montrer statistiquement que la disposition à payer la deuxième information plus fine que la première est plus forte que la disposition à payer la première information (moins discriminante quant au choix optimal). Enfin, les expériences montrent que l'information est plus facilement achetée en début d'expérience car les joueurs tentent des choix plus risqués. Par la suite, les joueurs préfèrent des routines moins risquées. Ils n'ont alors moins d'utilité à posséder d'information. De manière générale, cela peut être analysé comme le fait qu'un effet d'apprentissage joue sur le choix des joueurs et tend à substituer l'information. Ainsi, on peut penser qu'il est important de segmenter la population entre usagers devant recevoir une information et usagers expérimentés n'ayant pas besoin d'information. Ceci devrait permettre d'éviter la baisse d'efficacité de l'information lorsque trop d'usagers sont informés sur le trafic. Les limites de l'expérience tiennent au fait que l'analyse des comportements observés dans l'expérience ne prennent compte que de l'aspect décision individuelle dans le contexte étudié. La dimension des interactions entre usagers est évacuée alors que la congestion pourrait être abordée du point de vue des comportements stratégiques. En effet, dans l'expérience, les joueurs font leur choix de transport et d'achat d'information sachant que la décision des autres joueurs modifient le contexte décisionnel. Quel est ainsi l'équilibre sur l'usage des infrastructures étant donnée la valeur de l'information ?

- *Delvert, K, Petiot, R. (1999)* s'intéresse à la réaction des usagers face à la variabilité des temps de transport issue de la congestion lorsqu'elle est le résultat d'un aléa sur le trafic (travaux, accidents, etc.). L'enjeu du papier est de proposer des pistes sur l'exploration des comportements individuels face à ce type de congestion et de voir en quoi il existe dans ce contexte une pertinence des données expérimentales.

Les expériences restent de l'ordre de l'exploratoire dans la mesure où elles ne concernent que 11 joueurs. Le design expérimental place chaque joueur devant un choix de transport très simple. Dans le jeu, l'objectif est d'arriver en un point B à une heure donnée en partant d'un point A. Les sujets doivent choisir un itinéraire entre une route gratuite susceptible de subir

différents niveaux de congestion aléatoires générant autant de temps de transport différents, et une route payante sur laquelle le temps de transport est certain. Simultanément, les sujets doivent choisir une heure de départ. L'aléa du temps de transport sur l'itinéraire gratuit dépend de l'heure de départ. On distribue aux sujets la distribution de l'aléa sur les temps de transport par heure de départ possible. Le tarif de la route payante est fonction de l'aléa sur la route gratuite dans la mesure où son montant couvre la perte espérée que le joueur évite en ne choisissant pas la route gratuite. Le péage procure en quelque sorte l'avantage d'arriver en B à l'heure fixée comme objectif, c'est-à-dire en s'assurant un temps de transport fixe et certain. Le paiement des joueurs est fonction des coûts de transport et du montant du péage. La fonction de coût de transport se fonde sur une fonction classique à la Vickrey (1969). Elle comporte un terme de coût de transport, un terme coût d'avance et un terme de coût de retard. Le coût du retard est supérieur au coût de l'avance qui est lui-même supérieur au coût de transport. On détermine de manière théorique pour un joueur maximisateur de gain neutre au risque un vecteur itinéraire - heure de départ optimal. Plusieurs distributions de probabilité de congestion sont testées.

Les résultats de cette phase exploratoire ont pu mettre en évidence que la plupart des joueurs, dans l'environnement expérimental testé, ne sont globalement pas prêts à payer un péage pour une arrivée à une heure certaine. Ils préfèrent s'assurer contre le risque en prenant une marge de sécurité sur l'itinéraire gratuit en avançant au maximum leur heure de départ. La préférence va donc plutôt pour un ajustement sur l'heure de départ plutôt que sur l'itinéraire.

- *Schneider, K., Weimann, J. (1997)* s'intéresse à la question du péage comme outil politique de gestion de la congestion. Il s'agit de tester expérimentalement un modèle de congestion du type "bottleneck" (goulot d'étranglement) dans lequel un équilibre de Nash est une solution théorique permettant d'internaliser les externalités de congestion (Arnott, de Palma, Lindsey, 1993). Un nombre déterminé d'agents doit se rendre d'un point A en un point B à une heure donnée. La capacité de l'unique itinéraire possible est inférieure à cette demande. De fait, la congestion apparaît sur l'infrastructure et certains agents arrivent en avance ou en retard au point B. Il est possible de calculer le coût de transport pour chaque agent en fonction de son heure de départ et étant donné le comportement des autres agents. A l'équilibre, tous les agents ont le même coût de transport. Le modèle permet de déterminer la distribution des heures de départ à l'équilibre, c'est-à-dire l'heure de départ la plus précoce, le nombre de départs depuis A par heure de départ possible, la durée de la congestion, et l'heure à laquelle tous les agents sont arrivés en B.

L'étude comporte deux séries d'expériences par informatique avec des étudiants en économie. La première concerne deux groupes de 20 joueurs. Le jeu consiste à demander aux joueurs de conduire un véhicule d'un point A en un point B et de choisir une heure de départ parmi 20 possibles. Le temps de transport sans congestion est nul. Il y a congestion dès qu'il y a plus de 4 véhicules partant de A à la même heure. L'heure d'arrivée fixée comme objectif est la septième heure. L'arrivée à cette heure rémunère le joueur de 20 Lab-Dollars (LD). Les coûts de transports se décomposent en 12 LD par heure d'arrivée en retard, 4 LD par heure d'arrivée en avance et 3 LD par heure de déplacement. Le temps d'attente dans le *bottleneck* dépend du nombre de véhicules partis de A à la même heure. Le jeu est répété 30 fois. L'expérience est répliquée 3 fois. La deuxième série concerne un groupe de 40 joueurs pour lequel les paramètres de temps de transports sont modifiés à la baisse par rapport à la première série. Le rapport entre les 3 termes de coûts unitaires de transport sont réduits. Cette série est également répliquée 3 fois.

Les tests portent sur l'écart de conformité des observations à deux équilibres, l'équilibre de Nash et l'équilibre pareto-optimal. Dès que les deux équilibres sont distincts, les observations

se conforment de manière significative à l'équilibre de Nash. On peut dès lors conclure que le péage permet d'internaliser les externalités de congestion.

Conclusion

Concernant les travaux d'économie expérimentale appliqués au transport, les résultats vont sensiblement dans le même sens que dans le cas de l'économie expérimentale « théorique » : les marchés expérimentaux font état d'une nette validation de la théorie de l'allocation marchande. Toutefois, si les résultats sont bien évidemment plus ambigus en ce qui concerne les choix individuels de l'utilisateur ou les jeux entre usagers, les faits qui émergent tendent plutôt à corroborer certains aspects décrits dans les modèles, comme l'apprentissage dans les choix dynamiques. Néanmoins, les cas d'expériences sont beaucoup trop rares pour en inférer quoi que ce soit d'utile dans le domaine de l'aide à la décision en transport.

Conclusion de la partie 2

Cette revue de la littérature sur le thème « économie expérimentale et économie des transports » a permis de mettre en lumière les caractéristiques et les intérêts propres de l'économie expérimentale par rapport à d'autres méthodes de production de données. L'économie expérimentale permet de contrôler fortement l'environnement des choix et d'éviter ainsi les difficultés générées par exemple par les préférences déclarées. D'autre part, bien que le contrôle soit fort, elle permet de générer de la variabilité dans les comportements, et c'est justement cette force du contrôle de l'environnement expérimental qui permet de tirer de l'observation des inférences rigoureuses. Ce n'est semble-t-il pas autant le cas pour les méthodes de simulation expérimentale que l'on rencontre de plus en plus dans le domaine des transports.

Il y a donc potentiellement un véritable intérêt à recourir à l'économie expérimentale dans des champs d'économie appliquée, de par l'originalité de cette démarche. Par contre, force est de constater la rareté des expérimentations économiques menées dans l'objectif de résoudre une question d'économie des transports. Cette rareté n'est pas le symptôme d'une impossibilité méthodologique, mais renvoie plutôt à la relative jeunesse de cette discipline. Toutefois, les difficultés méthodologiques ne doivent pas être sous-estimées, et seul l'apprentissage par la pratique peut permettre de mettre en lumière ces difficultés. C'est l'objet de la troisième partie du rapport.

3. Difficultés et perspectives du recours à l'économie expérimentale en économie des transports

Introduction de la partie 3

En matière d'économie appliquée, la production de données obéit à une contrainte de pertinence lors de l'utilisation de méthodes de choix hypothétiques. Cela implique que la construction de situations fictives pour l'usager doit, d'une part, être contextualisée, et, d'autre part, renvoyer à un cadre décisionnel plus ou moins familier. Cette contrainte génère deux types de difficultés quand on cherche à recourir à l'économie expérimentale :

- la première est justement celle de la contextualisation et des biais qu'elle peut générer dans le cadre d'une méthodologie qui, *a priori*, cherche avant tout à éviter un effet d'apprentissage ou d'expérience non contrôlé dans le modèle. A la limite, on pourrait dire, de manière un peu provocante, qu'une bonne expérimentation implique de définir un environnement du choix qui évite au maximum que le joueur puisse transposer des expériences vécues et les utiliser pour établir ses décisions. Ce genre de problème, dans le cas d'expériences avec mise en contexte, est toutefois limité nous semble-t-il par le mécanisme de paiements monétaires à l'issue du jeu, propre à l'économie expérimentale.

- la seconde est que la contrainte de pertinence donne la tentation à l'économiste appliqué de « coller » le plus possible à la réalité telle qu'il se la représente. Le risque est alors de concevoir des jeux expérimentaux complexes pour les joueurs d'une part (problèmes de compréhension) et, d'autre part, d'avoir des difficultés dans l'interprétation des données du fait de la multiplicité des paramètres et variables permettant d'expliquer les choix. Or, justement, une des lois de l'économie expérimentale est de construire des situations simplifiées à l'extrême dans lesquelles il existe 1 ou 2 variables explicatives du choix. A titre de remarque, notamment par rapport au point évoqué ci-dessus, on pourrait dire que la contextualisation des expérimentations en transport permet à l'individu de comprendre plus rapidement des jeux certes complexes, mais partiellement "vécus", ce qui limiterait ce problème. Toutefois, cet argument n'est que très partiellement valable, dans la mesure où il est impossible de qualifier ou de quantifier *ex ante* le "vécu" des individus, ce qui implique une perte de contrôle importante pour l'expérimentateur. D'autre part, la question de la reproductibilité se posera en présence de sujets ayant par définition un autre "vécu".

Le premier point de cette section tentera d'illustrer les difficultés qui se posent à l'économiste appliqué qui voudrait recourir à l'économie expérimentale en élaborant des protocoles sans doute pertinents, mais complexes. Le second point montrera alors l'intérêt qu'il y a à procéder par étape dans le cadre d'un programme global de recherche sur l'économie des transports expérimentale. Ce programme part de situations théoriques de choix simplifiées à l'extrême, qui peuvent donc paraître peu pertinentes pour l'aide à la décision en transport. Mais l'idée est

de conserver le maximum de contrôle à chaque étape du processus expérimental, en complexifiant graduellement la situation théorique de base.

3.1. Les difficultés des expériences contextualisées : l'exemple de l'arbitrage congestion péage

L'objectif de l'expérimentation décrite plus bas est d'évaluer les composantes de l'arbitrage entre congestion et péage dans le choix d'infrastructure de l'utilisateur routier. Comme dans le cas de l'économie expérimentale « théorique », nous avons donc choisi un modèle théorique à réfuter, en l'occurrence la théorie de l'utilité espérée dans le cadre de choix dynamiques. Le projet expérimental est d'explorer l'impact d'informations routières publiques sur les déterminants de l'arbitrage entre risque individuel de congestion et péage d'infrastructure. On décrit alors tout le processus de construction de cette expérience. L'interprétation des résultats du pilote est symptomatique des difficultés de la contextualisation, mais surtout de l'émergence de difficultés d'interprétation quand l'expérience est trop complexe.

3.1.1. Introduction : Y a-t-il une Valeur d'Option attachée au choix d'infrastructure flexible ?

L'idée de départ est simple : il s'agit de mettre l'individu dans une situation de choix d'infrastructure routière en présence d'incertitude sur l'état du trafic, afin d'explorer les composantes de l'arbitrage entre péage et congestion. Dans le jeu, l'une des infrastructures est payante, mais son débit est supérieur (le temps de transport moyen est réduit et la variance de ce temps de transport est également faible), tandis que l'autre est gratuite, mais plus longue et de débit plus faible (le temps de transport moyen est important, et la variance de ce temps de transport élevée). Le péage d'infrastructure sur la voie express peut donc être vu comme une prime de risque, dans le sens où l'individu subit un coût certain (le péage) mais réduit son espérance de coût de transport ainsi que sa variance. La caractéristique intéressante du jeu est que l'itinéraire « local » a des caractéristiques de choix flexible : à un moment fixé dans le jeu, il offre la possibilité de choisir à nouveau la voie express, moyennant péage. Cette option n'existe pas dans le cas de l'itinéraire rapide (le choix est irréversible). L'idée est alors de comparer le comportement de sujets soumis, d'une part à différents niveaux de péage d'accès à la voie express, et, d'autre part, à différents niveaux d'information sur le trafic routier. Normalement, la théorie de la valeur d'option⁹ prédit que les joueurs mis en situation d'information croissante au cours du temps doivent valoriser plus fortement le choix flexible que dans le cas où aucun gain d'information n'est attendu. Par conséquent, toutes choses égales par ailleurs, si les usagers peuvent s'attendre à obtenir plus d'information sur le trafic durant leur déplacement, ils doivent valoriser aujourd'hui plus fortement les choix d'itinéraires qui leur permettent de réviser ultérieurement leur choix après avoir obtenu l'information. Un choix qui ne permet pas d'utiliser l'information additionnelle est qualifié d'*irréversible*, contrairement au choix qui permet d'utiliser cette information parce qu'il n'implique aucune contrainte sur les choix futurs (choix dit *flexible*).

3.1.2. Protocole expérimental

Le pilote de l'expérience étudié ci-après a été réalisé dans la salle d'économie expérimentale du BETA. Dans un premier temps, nous allons décrire de manière générale le déroulement

⁹ Pour une revue de ces théories, voir Cohendet et Llerena (1989) et Denant-Boemont (1996).

d'une session "standard" de jeu économique expérimental et les conditions de contrôle de l'environnement des joueurs.

3.1.2.1. Modalités d'un jeu expérimental (généralités)

Pour permettre le bon déroulement d'une session expérimentale, trois personnes, au minimum, sont nécessaires :

- un expérimentateur présent dans la salle du serveur et veillant au bon fonctionnement du parc informatique installé ; cette personne sera par ailleurs régulièrement sollicitée au cours d'une session expérimentale (voir ci-dessous la description du déroulement d'une session) ;
- 2 moniteurs : un moniteur est un membre de l'équipe des expérimentateurs.

3.1.2.1.1. Le préalable à la réalisation d'une session expérimentale : la phase de recrutement des sujets

- Afin de permettre l'organisation fréquente de sessions expérimentales, un fichier de sujets a été constitué au moment du montage du laboratoire d'Economie Expérimentale de Strasbourg. Ce fichier regroupe un ensemble d'étudiants¹⁰ qui ont manifesté leur envie de participer à des expériences. Une mise à jour du fichier est effectuée à chaque rentrée universitaire par une campagne de recrutement. Les renseignements recueillis sont : le nom et le prénom de la personne, son numéro de téléphone, sa filière, son adresse, son cycle d'études et les expériences auxquelles elle a déjà participé. A l'heure actuelle, près de 800 étudiants provenant de différentes filières (Mathématiques, Economie, Psychologie, Philosophie, Lettres, Arts, *etc.*) composent le fichier de sujets ;
- Quelques jours avant une session expérimentale, l'un des membres de l'équipe des expérimentateurs contacte par téléphone des personnes susceptibles de participer à la session. Ces personnes appartiennent, bien entendu, au fichier de sujets ;
- Tout au long de la phase de recrutement, le groupe d'expérimentateurs veille à ce qu'un certain nombre de règles soient respectées par la personne chargée du recrutement. Ces règles sont les suivantes :
 1. *Il est impératif que le groupe de personnes convoquées à une session expérimentale soit le plus hétérogène possible.* Ainsi, les personnes convoquées appartiennent nécessairement à des filières différentes ;
 2. *L'anonymat entre les personnes convoquées et vis-à-vis des expérimentateurs doit être respecté ;*
 3. *Il est interdit à un sujet de participer deux fois à un même traitement (à l'exception de cas particuliers où les sujets expérimentés sont souhaités par les expérimentateurs).*
 4. Enfin, en raison de désistements éventuels, il est indispensable de *prévoir un nombre de sujets plus important que le minimum requis* pour le bon déroulement de l'expérience. Par exemple, pour une expérience nécessitant 16 sujets, la personne chargée du recrutement se doit de convoquer 20 personnes.
- Une fois que la personne contactée a donné son accord, un courrier lui est envoyé. Dans ce courrier, les expérimentateurs précisent : le jour, la date de l'expérience et les règles que les sujets devront respecter durant la session expérimentale (pas de discussion entre sujets, ne pas scruter les écrans d'ordinateur des voisins, *etc.*). De plus, un plan détaillé du lieu où se déroule l'expérience est joint au courrier.

¹⁰ Quelques personnes extérieures au milieu universitaire font partie du fichier. Mais du fait de sa proximité et de sa disponibilité, la population estudiantine est majoritairement représentée au sein du fichier de sujets.

3.1.2.1.2. La session expérimentale

Avant que la session expérimentale ne commence, les applications informatiques sont lancées (ainsi, lorsque le sujet entre dans la salle des terminaux, il s'installe devant un terminal actif avec un message à l'écran). Un jeu d'instructions, un stylo, une calculatrice ainsi qu'un identifiant machine (les identifiants machines sont des jetons numérotés de 1 à 16) sont posés devant chaque terminal. Ainsi le sujet, après avoir été accueilli, dispose de l'ensemble des éléments nécessaires au bon déroulement de l'expérience au moment où il s'installe devant son terminal.

Nous allons maintenant détailler les différentes étapes constitutives d'une session expérimentale.

3.1.2.1.2.1. L'accueil des sujets (cette tâche nécessite au minimum deux moniteurs)

- Un moniteur accueille les sujets à l'entrée du bâtiment au fur et à mesure de leur arrivée. Les sujets pénètrent dans le bâtiment *un par un* ;
- Un second moniteur, posté à l'entrée de la salle d'accueil et de paiement, procède à l'émargement de chaque sujet. Ensuite, le sujet se débarrasse et dépose ses affaires dans la salle d'accueil afin de préserver le maximum d'espace dans la salle des terminaux (salle d'expérimentation). Puis le sujet entre dans la salle d'expérimentation et s'installe devant le terminal de son choix. Il doit lire le jeu d'instructions posé devant lui et il dispose d'un stylo et d'une feuille de brouillon pour prendre des notes. Le sujet peut aussi effectuer des calculs puisqu'une calculatrice a été mise à sa disposition. Une fois que le sujet est installé, le moniteur passe à un autre sujet et ainsi de suite ;
- Dans le cas où le nombre de personnes qui se sont déplacées pour participer à la session expérimentale est supérieur au nombre de sujets requis, les moniteurs font patienter les personnes supplémentaires (appelées *assistants* par la suite) dans la salle d'accueil et de paiement. Ces personnes disposent elles aussi d'un jeu d'instructions qu'elles doivent lire en attendant que l'on fasse appel à elles.

3.1.2.1.2.2. Déroulement de la session expérimentale

Phase de lecture des instructions :

Dès qu'un sujet a pris connaissance des instructions, il appuie sur une touche de son clavier et un signal parvient au serveur. Le serveur renvoie alors un message au terminal du sujet en question. Sur l'écran du sujet s'affiche un message lui demandant d'attendre que tous les autres sujets aient fini de lire les instructions. Lorsque tous les joueurs ont pris connaissance des instructions, un message s'affiche sur l'écran de chaque sujet : ce message indique que tous les joueurs ont fini de lire les instructions et qu'une lecture à voix haute des instructions va avoir lieu. L'un des assistants est alors chargé de lire les instructions à voix haute (s'il n'y a pas d'assistant, c'est l'un des deux moniteurs qui exécute cette tâche). Une fois la lecture à voix haute terminée, les sujets ont la possibilité de poser des questions de manière individuelle aux moniteurs présents dans la salle. Lorsque les moniteurs ont fini de répondre aux questions éventuellement posées par les sujets, l'expérimentateur présent dans la salle du serveur démarre la phase des questions.

Phase des questions :

Une fois que les sujets ont obtenu les précisions demandées concernant les instructions, chaque sujet est à son tour questionné par le terminal devant lequel il est assis. En effet, des questions sont posées aux sujets afin de vérifier leur bonne compréhension des instructions. Plus précisément, les expérimentateurs vérifient à l'aide de ce questionnaire (constitué le plus souvent de dix questions), que chaque sujet a parfaitement assimilé la tâche qui sera la sienne

au cours de la session expérimentale ainsi que les moyens dont il dispose pour accomplir au mieux cette tâche. Les expérimentateurs vérifient par ailleurs que les incitations financières ont été clairement identifiées par les sujets. Lorsqu'un sujet a terminé de répondre au questionnaire, un signal est envoyé par le terminal du sujet au serveur. Le serveur comptabilise alors le nombre de fautes commises par le sujet. Dès que le sujet commet une faute, l'écran de son terminal affiche un message d'attente lui précisant qu'un moniteur va venir le voir. L'expérimentateur présent dans la salle du serveur indique alors aux moniteurs le numéro du terminal ayant fauté. Les moniteurs, munis des questions posées aux sujets ainsi que des réponses à ces questions, se rendent auprès de chaque sujet ayant commis une erreur. L'écran du terminal du sujet qui a fait au moins une mauvaise réponse, affiche le bilan des questions. Ce bilan indique au moniteur les réponses justes, les réponses fausses ainsi que le nombre total de mauvaises réponses. Si le taux de mauvaises réponses est supérieur à 30%, le moniteur demande au sujet en cause de quitter la salle d'expérimentation. L'un des assistants remplace alors le sujet déficient. Le moniteur redémarre la phase des questions pour ce nouveau sujet. Puis le sujet exclu est accompagné à la salle des paiements, il est dédommagé de 50F et il remplit un reçu¹¹. Si le taux de mauvaises réponses est inférieur ou égal à 30 %, le moniteur explique au sujet ces erreurs. Si tous les sujets présents dans la salle d'expérimentation réussissent la phase du questionnaire, les assistants sont dédommagés de 50F. Ces personnes signent alors un reçu. Une fois la phase des questions terminée, un signal est envoyé au serveur. Le serveur affiche sur les écrans des terminaux un message indiquant que la phase des périodes d'essai va commencer.

Périodes d'essai :

Afin de se familiariser avec l'environnement du jeu auquel ils participent, les sujets procèdent à 3 périodes d'essai. Pendant ces périodes d'essai, chaque sujet joue contre son terminal. Ce procédé évite que le sujet ne se fasse une opinion sur la manière de jouer des autres sujets avant les périodes effectives du jeu.

Périodes effectives de jeu :

Après les périodes d'essai, le jeu effectif, dans lequel chaque sujet est confronté à d'autres sujets, démarre. Ce démarrage a lieu au même moment pour l'ensemble des sujets présents dans la salle d'expérimentation.

3.1.2.1.2.3. Fin de la session expérimentale

Une fois que le jeu est terminé, un signal est envoyé au serveur lui indiquant la somme gagnée par le sujet. Lorsque l'expérimentateur présent dans la salle du serveur a pris connaissance de la totalité des sommes gagnées, il imprime les sommes gagnées par chaque terminal et donne cette impression au moniteur situé dans la salle des paiements. Il est demandé à chaque sujet, une fois le jeu terminé, de remplir une feuille de commentaires. Chaque sujet doit notamment expliquer la nature des stratégies qu'il a employé au cours du jeu. Pour ce faire, il peut s'aider d'un tableau de son historique de jeu (tableau affiché sur l'écran de son terminal). Il peut aussi s'il le désire compléter cette feuille de commentaires en donnant ses impressions sur le déroulement de la session expérimentale. Lorsque le sujet a rempli sa feuille de commentaires, il le signale à son terminal : un signal est alors envoyé au serveur. En retour, un message s'affiche sur l'écran du sujet lui précisant de bien vouloir rester assis à sa place en attendant qu'un moniteur vienne le chercher pour qu'il puisse percevoir ses gains. Les sujets se rendent alors, un par un et après injonction d'un moniteur, à la salle des paiements. Chaque

¹¹ Afin de permettre aux expérimentateurs de tenir une comptabilité claire, chaque sujet qui perçoit une somme d'argent doit remplir un reçu. Ce reçu indique la date de la session expérimentale, le nom et le prénom du sujet ainsi que la somme d'argent perçue par le sujet : ce reçu est signé par le sujet.

sujet est alors muni de son identifiant machine. Le moniteur présent dans la salle des paiements accueille les sujets au fur et à mesure de leur arrivée. Chaque sujet se voit remettre la somme d'argent qu'il a gagnée : l'identifiant machine permet au moniteur d'associer le numéro de terminal du sujet et la somme d'argent qui lui revient grâce à la feuille imprimée par le serveur. Avant de quitter les lieux, le sujet remplit un reçu.

3.1.2.2. Conditions de réalisation du « prototype » (ou pilote)

Le pilote de l'expérience a eu lieu dans la salle d'économie expérimentale du Bureau d'Economie Théorique et Appliqué, à Strasbourg¹². Une vingtaine de personnes ont été convoquées et seulement 16 ont été retenues pour jouer, deux autres personnes ayant été désignées pour participer en tant qu'expérimentateurs. Les 16 joueurs ont été répartis de manière aléatoire dans quatre groupes de quatre personnes chacun. Chaque groupe de 4 joueurs était confronté à la même situation informationnelle et au même niveau de droit d'accès à l'infrastructure payante (R). Ces 4 situations de jeu ont donné lieu à quatre types d'instructions de jeu, 2 en information parfaite avec un droit d'accès de 5 pour l'une et de 15 pour l'autre, et 2 en information nulle, avec également un droit d'accès de 5 pour une et de 15 pour l'autre. Chaque joueur a reçu l'instruction qui le concernait et a été placé par les expérimentateurs devant un ordinateur dans un box isolé, et a suivi la procédure standard décrite ci-dessus (lecture des instructions, etc.).

Dans chaque jeu, les joueurs devaient réaliser un choix de transport (itinéraire et heure de départ) consistant à aller d'un point fictif A de manière à arriver à un point fictif B à une heure objectif t^* . Leur coût de transport se compose donc d'un coût du temps de transport et d'un coût d'avance ou de retard - écart entre leur heure d'arrivée finale et l'heure objectif t^* - éventuellement égal à 0 si l'objectif est atteint. Or, le coût du temps de transport dépend du temps passé sur l'itinéraire retenu, donc du niveau de trafic sur celui-ci. En clair, le joueur subit un aléa sur son temps de parcours, et la réalisation d'un des états du trafic affectera sa performance finale. Plus précisément, les joueurs devaient réaliser en premier lieu un choix d'itinéraire comportant deux possibilités, L et R, chaque itinéraire étant susceptible d'être plus ou moins congestionné. L est un itinéraire « local », gratuit mais caractérisé par une espérance de coût de transport (voir plus bas) élevée et par une variance des coûts individuels de transport plus forte. R est *a contrario* un itinéraire payant, mais se caractérise par une espérance de coût individuel de transport inférieure à celle de L et par une variance des coûts également plus faible que dans le cas de L. La fonction de coût de transport nous permet alors de construire une fonction de paiements relative au choix individuel : plus le coût de transport individuel est élevé, plus le paiement final est faible. En second lieu, les joueurs devaient choisir une heure de départ. Quatre possibilités leur étaient offertes. En dernier lieu, ils pouvaient choisir de changer d'itinéraire si et seulement si ils avaient retenu le choix L au début du jeu, et ne pouvaient le faire s'ils avaient retenu le choix R. Par contre, aucun joueur ne pouvait changer le choix d'heure de départ. Dans le cas où le joueur ayant choisi L au début du jeu décide de changer d'itinéraire (de L vers R), il acquitte un péage p_2 et subit alors les contraintes de trafic sur R. Conformément à ce qui a été brièvement expliqué plus haut, le choix R est un choix d'itinéraire *irréversible* tandis que le choix L, qui permet en période 2 soit de rester sur L, soit d'opter pour R, est un choix *flexible*. D'autre part, l'option offerte par ce choix n'est intéressante pour l'individu que dans le cas où le joueur peut anticiper l'obtention d'une information additionnelle au cours du jeu.

¹² Voir en annexe de ce rapport la configuration physique de la salle d'économie expérimentale du BETA.

Pour une heure de départ t donnée, dans le cas d'une arrivée en avance par rapport à l'objectif, le coût s'écrit :

$$C(t) = \alpha t + \beta [t^* - (t + tt(t))]$$

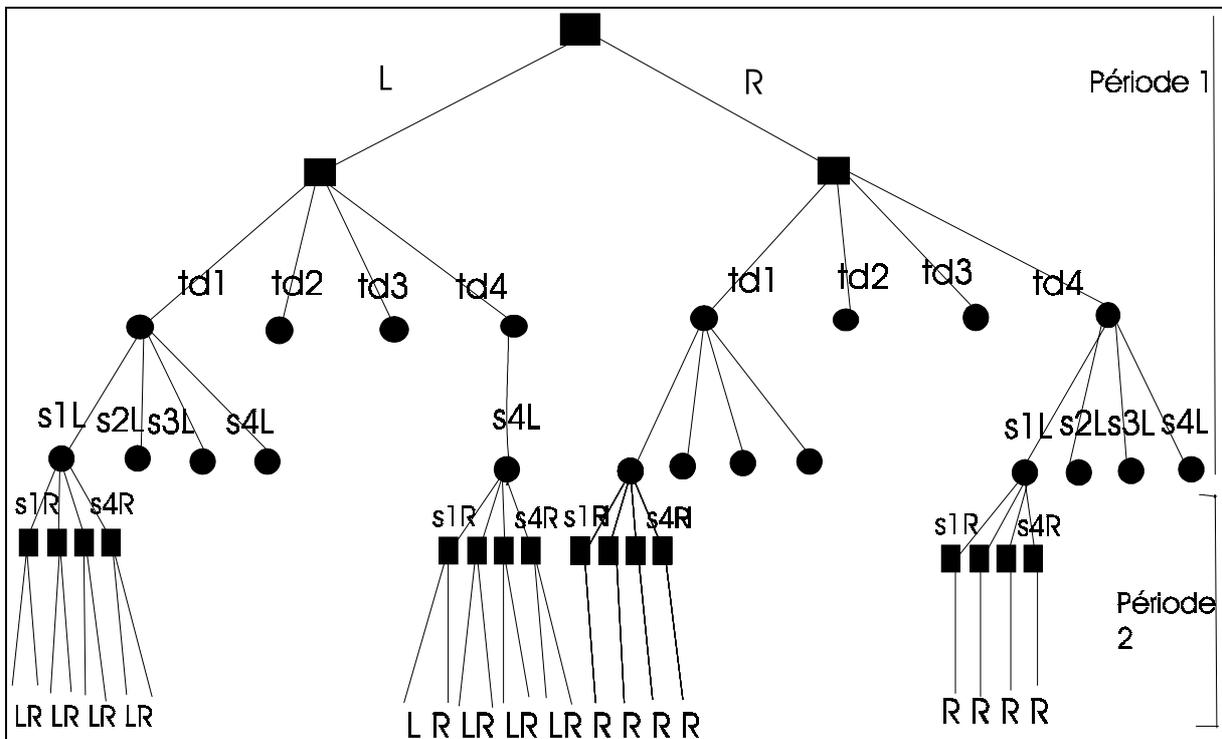
où α est le coût unitaire du temps de transport, tt est le temps de transport entre le point A et le point B, β est le coût unitaire du temps d'avance, t^* est l'heure d'arrivée posée comme contrainte (heure objectif). Dans le cas d'une arrivée en retard par rapport à l'objectif, il prend la forme :

$$C(t) = \alpha t + \psi [(t + tt(t)) - t^*]$$

où ψ est le coût unitaire du temps de retard.

Le choix de chaque joueur peut être représenté de manière commode par un arbre de décision. Dans l'arbre présenté ci-dessous, en phase 1 chaque joueur réalise un choix d'itinéraire (L, itinéraire flexible, ou R) et un choix d'heure départ (td1, td2, td3, td4). Quatre niveaux de congestion (états de la nature s1, s2, s3, s4) peuvent être rencontrés.

Figure 1 . Arbre de décision simplifié : choix individuel de transport en situation de trafic incertain



4 types de jeux sur la même base de choix individuels ont été joués :

- dans un premier jeu, le niveau du droit d'accès pour R était faible (5 points), et le joueur n'obtenait aucune information au cours du jeu sur les niveaux de congestion relatifs à chaque itinéraire (situation dite d'information « nulle » Y' par la suite). Cette information lui était donnée à la fin de la période, et était matérialisée par un tirage au sort informatique des états de trafic, ce qui, compte tenu de son choix d'itinéraire(s) et d'heure de départ lui donnait son paiement final.
- dans un second jeu, le niveau du droit d'accès était toujours de 5, mais on donnait au joueur l'information sur les niveaux de trafic juste après le choix d'heure de départ, ce qui permettait

aux joueurs ayant retenu le choix L au début de réviser leur choix *ex post* (situation dite d'information « parfaite » Y).

- le troisième et quatrième jeu consistait à jouer les deux jeux précédents mais en augmentant le montant du droit d'accès initial à H (15 points).

3.1.3. Résultats théoriques et équilibres en choix individuels dans l'incertain

Cette section présente le modèle théorique d'ensemble qui sera utilisé pour définir les prédictions théoriques du jeu. Ceci signifie que, dans l'environnement contrôlé et parfaitement défini posé par l'expérimentateur, si l'individu se conforme au modèle théorique décrit ci-dessous, alors ils doit faire « tel » choix.

3.1.3.1. Notations et définitions

On donne ici la liste exhaustive des variables du modèle théorique. On peut distinguer les variables d'état du système de transport décrit dans l'expérience, les variables de choix et les variables de résultats des choix.

3.1.3.1.1. Les variables d'état

Ces variables permettent de qualifier l'environnement du joueur. Dans l'expérimentation que nous avons menée, cet environnement est réduit à :

- 2 niveaux de péage, soit :

p_1 : péage d'accès à l'infrastructure R en période 1.

p_2 : péage d'accès à l'infrastructure R en période 2.

- des états possibles du trafic sur chaque itinéraire et des probabilités d'avoir un certain niveau de trafic sur chaque itinéraire, soit :

s_j : état du trafic sur L , π_j la probabilité de s_j (distribution uniforme, où chaque état à une chance sur quatre d'arriver).

$s_{j'}$: état du trafic sur R et $\pi_{j'}$ la probabilité de $s_{j'}$ (distribution uniforme).

(j ou $j' = \{(fluide), (peu congestionné), (congestionné), (très congestionné)\}$).

- des niveaux de l'information routière sur les états du trafic, soit :

Y' : information « nulle ». Le joueur ne recevra aucune information additionnelle avant le début de la période 2 du jeu. Par conséquent, la distribution de probabilités définie ci-dessus ne change pas.

Y : information « parfaite ». Le joueur recevra une information supplémentaire avant le début de la période 2 du jeu, et saura exactement à ce moment le niveau de trafic sur chaque itinéraire avant de faire son choix d'itinéraire de période 2.

3.1.3.1.2. les variables de choix de transport

Il faut distinguer la variable de choix d'itinéraire de la variable de choix d'heure de départ. La variable de choix d'itinéraire routier peut être définie par :

$D_1 = \{R, L\}$: ensemble de décisions possibles en période 1 (R le choix autoroutier et L l'itinéraire local.

$D_2 = \{R, L\}$: ensemble de décisions possibles en période 2 (R le choix autoroutier et L

l'itinéraire local avec $D_2|R = \{R\}$ et $D_2|L = \{R, L\}$. En clair, R est le choix irréversible et L le choix flexible.

Quant à la variable de choix d'heure de départ, on a :

M : ensemble de choix d'heures de départ $m = \{1h, 2h, 3h, 4h\}$ pour L et R en période 1.

3.1.3.1.3. Les variables de résultats des choix

Dans l'expérimentation, les joueurs reçoivent des paiements en fonction de leur choix d'itinéraire et d'heure de départ. Les paiements sont liés à la fonction de coût de transport définie plus haut. Soit alors, le paiement :

$x_{im}^{j(j')}$: paiement attaché au choix d'itinéraire i en période 1, au choix d'heure de départ m en période 1 et au choix d'itinéraire i' en période 2 dans l'état j ou j' (selon le choix final de la période 2).

Le coût de transport, qui détermine la fonction de paiement des joueurs, s'écrit :

$C_{im}^{j(j')}$: coût de transport attaché au choix d'itinéraire i en période 1, au choix d'heure de départ m en période 1 et au choix d'itinéraire i' en période 2 dans l'état j ou j' (selon le choix final de la période 2). Voir le détail de la fonction de coût un peu plus haut. On a, a étant un réel positif et b un réel négatif :

$$x_{im}^{j(j')} = a \cdot C_{im}^{j(j')} + b \quad (1)$$

$$\frac{\partial x_{im}^{j(j')}}{\partial C_{im}^{j(j')}} < 0$$

3.1.3.2. Choix optimaux en information « nulle »

L'hypothèse qui est faite est que l'individu retiendra le choix R ou L en période 1 qui maximise son espérance de paiement au début de la première période (mécanisme de rétroaction : on commence par les conséquences les plus lointaines de chaque décision, puis on « remonte » vers les conséquences les plus proches pour déterminer la solution optimale). Par conséquent, le meilleur choix possible d'itinéraire (i) et d'heure de départ (m) est tel que :

$$(i^*, m^*) \Rightarrow \underset{i}{\text{Max}} \{e(R, Y'), e(L, Y')\} \quad (2)$$

La valeur pour le joueur du choix d'itinéraire R sur l'ensemble des deux périodes est :

$$e(R, Y') = \underset{m}{\text{Max}} \left\{ e \left(x_{Rm}^{i'} \right) \right\} \quad (3)$$

$$\Leftrightarrow e(R, Y') = \underset{m}{\text{Max}} \left\{ \left(\sum_{j'} \pi_{j'} x_{Rm}^{i'} \right) - p_1 \right\} \quad (3')$$

Ce qui signifie simplement que le joueur attribuera au choix R une valeur qui correspond au paiement maximum attaché à l'ensemble des heures de départ (s'il est rationnel, et qu'il a retenu R , il doit choisir l'heure de départ qui maximise son espérance de paiement monétaire). De la même manière, la valeur pour le joueur du choix d'itinéraire L est :

$$e(L, Y') = \underset{i}{\text{Max}} \left[\underset{m}{\text{Max}} \left\{ e \left(x_{Lm}^j \right) \right\}; \underset{m}{\text{Max}} \left\{ e \left(x_{Rm}^{i'} - p_2 \right) \right\} \right] \quad (4)$$

Le même processus de maximisation que dans le cas de R est réalisé (choix de la meilleure heure de départ), mais également, le choix L comportant une option de choix entre L et R en période 2, le joueur doit retenir l'itinéraire qui maximise son paiement en période 2 (double maximisation, d'abord sur le choix d'itinéraire en période 2, puis sur le choix d'heure de départ en période 1). Si on écrit (4) de manière plus complète en intégrant les probabilités :

$$\leftrightarrow e(L, Y^i) = \text{Max} \left[\text{Max} \left\{ \sum_j \pi_j x_{LmL}^j \right\}; \text{Max} \left\{ \sum_{j'} \pi_{j'} x_{LmR}^{j'} - p_2 \right\} \right] \quad (4')$$

Bien sûr, il ne faut pas oublier d'intégrer dans le calcul le péage d'accès à R en période 2 p_2 .

3.1.3.3. Choix optimal en information parfaite

En information parfaite, le choix L doit être évalué différemment, puisqu'il permet d'opter en période 2 compte tenu d'une connaissance certaine des états du trafic. Dans chaque état du trafic, et pour chaque heure de départ, le paiement du choix L en période 2 est :

$$\forall j, \forall j', \forall m \quad x_{Lmi}^* = \text{Max} \left\{ x_{LmL}^{\bar{j}}; x_{LmR}^{\bar{j}'} - p_2 \right\} \quad (5)$$

Si on calcule l'espérance de paiement¹³ de ce choix sur l'ensemble des deux périodes, on a :

$$e(L, Y) = \text{Max} \left\{ \sum_j \sum_{j'} (\pi_j \pi_{j'}) \text{Max} \left[x_{LmL}^{\bar{j}}; x_{LmR}^{\bar{j}'} - p_2 \right] \right\} \quad (6)$$

Par contre, le choix R étant parfaitement irréversible, la valorisation de ce choix par l'individu ne doit pas changer entre une situation d'information « nulle » et une situation d'information « parfaite ». Par définition, la valeur de l'information pour un tel choix est nulle (elle ne sert à rien). On a donc :

$$e(R, Y) = e(R, Y^i) = \text{Max} \left\{ \left(\sum_{j'} \pi_{j'} x_{RmR}^{j'} \right) - p_1 \right\} \quad (7)$$

D'après Willinger (1989), la Valeur d'Option est la différence entre la Valeur de l'Information pour la décision flexible et la Valeur de l'Information pour la décision irréversible. La valeur de l'information pour le choix d'itinéraire flexible L est la différence entre la valeur de l'équation (6) et la valeur de l'équation (4). Comme la valeur de l'information du choix R est nulle, la valeur d'option coïncide avec la valeur de l'information du choix L, soit :

$$(6) - (4') \geq 0$$

Cette valeur ne peut être que positive ou nulle (un gain d'information ne peut pas dégrader la valeur d'un choix si les conditions du choix n'ont pas changé).

¹³ Le fait que l'on puisse supposer une connaissance parfaite en période 2 n'implique pas que l'on soit moins en situation « d'incertitude » au début de la période 1. Simplement, on sait que l'on va savoir, et on valorise cette possibilité dans le calcul de l'espérance de paiement attaché à chaque choix.

Si on utilise l'ensemble de ces équations compte tenu des valeurs des différents paramètres de la fonction de coût de transport, on obtient les résultats suivants :

Tableau 2 : Prédictions théoriques sur le pilote

espérances de paiements	Information « nulle »		Information parfaite	
	p1 = 5, p2 = 2	p1 = 15, p2 = 6	p1 = 5, p2 = 2	p1 = 15, p2 = 6
e_{Rm^*R}	59.5	49.5	59.5	49.5
e_{Lm^*R}	48	44	55.19	52.94
e_{Lm^*L}	43.75	43.75	43.75	43.75

Les choix optimaux sont soulignés en caractères gras. Par exemple, l'individu peut escompter gagner en moyenne 59.5 points par jeu s'il retient le choix d'itinéraire R et l'heure de départ la « meilleure » dans une situation d'information « nulle » où le droit d'accès à cette infrastructure est égal à 5. Cette espérance de paiement est la plus forte dans ce contexte particulier de jeu.

On observe que la perspective d'information parfaite revalorise le choix L, conformément à ce qui a été démontré ci-dessus. Dans le cas de $p1 = 5$, la Valeur d'Option attachée au choix L est 8.19 (55.19-48). Elle est de 8.94 dans le cas d'un péage de 15. Le prix d'option est simplement la différence entre la valeur du choix flexible L et la valeur du choix irréversible R dans chaque cas d'information.

Tableau 3 : Valeur d'option et prix d'option

	P1 = 5		p1 = 15	
	Y'	Y	Y'	Y
Prix d'Option	- 11.5	- 4.31	- 5.5	+ 3.44
Valeur d'Option	+ 7.19		+ 8.94	

Il faut remarquer que la valeur de l'information (d'option) est relativement faible : elle ne revalorise respectivement que de 15% et de 20 % le choix flexible dans le cas d'un péage égal à 5 et d'un péage égal à 15.

On peut décrire le rang des équilibres sur les 12 stratégies possibles dans les deux configurations informationnelles et dans les deux niveaux de péage. Bien sûr, ce sont les stratégies optimales *ex ante* qui sont reprises (stratégies optimales par maximisation de l'espérance de paiement en *backward induction*).

Tableau 4 : Rang des équilibres : optimalité dite « forte »

Rang	p1 = 5		p1 = 15	
	Information nulle	information parfaite	Information nulle	information parfaite
1	R3R	R3R	R3R	L1R
2	R4R	R4R	R4R	L2R
3	R2R	R2R	R2R	L3R
4	R1R	R1R	R1R	L4R
5	L1R	L1R	L1R	R3R
6	L2R	L2R	L1L	R4R
7	L3R	L3R	L2L ^a	R2R
8	L1L	L4R	L2R ^a	R1R
9	L4R	L1L	L3L ^b	L1L
10	L2L	L2L	L3R ^b	L2L
11	L1L	L1L	L4R	L3L
12	L4L	L4L	L4L	L4L

a, b : choix indifférents en espérance de paiement.

Par exemple, en information parfaite, si le droit d'accès est de 15, la meilleure décision *a priori* (celle qui rapporte en espérance le plus de points) est de choisir L en première période puis de partir à 2 heures et de rester sur R. Une remarque importante doit être faite : le choix optimal de R en période 2 dans l'exemple qui vient d'être donné n'est vrai qu'*a priori*, c'est-à-dire au début du jeu. Une fois l'information obtenue à la fin de la période 1, rien n'indique qu'*a posteriori* le choix R soit le meilleur : tout dépend des états du trafic qui ont finalement été tirés au sort.

Nous parlerons plus bas d'*optimalité forte* pour qualifier les décisions qui ont respecté le critère d'optimalité à la fois sur le choix d'itinéraire et sur le choix d'heure de départ. Nous parlerons d'*optimalité faible* pour qualifier les choix qui ont respecté l'optimalité uniquement sur le choix d'itinéraire (quelle que soit l'heure de départ retenue).

3.1.4. Résultats empiriques d'un pilote et confrontation avec les prédictions théoriques du modèle

3.1.4.1. Quelques éléments sur le déroulement matériel du pilote

La durée moyenne de l'ensemble de la session a été de 2 heures. La distribution du gain monétaire moyen a été la suivante :

Tableau 5 : Distribution du gain monétaire

	moyenne \bar{x} (en points / en FF)	écart-type σ (en points/ en FF)
Groupe p1 = 5, information « nulle » (taux de conversion t 1 point = 0.0785 F)	858	36
groupe p1=5, information parfaite (t = 0.0785)	854	46
groupe p1 = 15, information nulle (t = 0.095)	647	64.5
groupe p1 = 15, information parfaite (t = 0.0885)	738	48.5

Le gain moyen a été significativement plus élevé dans le cas des jeux où le droit d'accès est le plus faible. Par ailleurs, on constate que l'information n'a véritablement permis d'améliorer le gain moyen que dans le cas où le péage d'accès était élevé.

Une brève synthèse des réactions des joueurs à l'expérience peut être faite. La plupart ont trouvé l'expérience intéressante, notamment en raison du contexte « concret » (transport) si on la compare aux expérimentations habituellement menées au BETA. Par contre, un certain nombre de sujets a trouvé l'expérience trop complexe et les choix trop soumis au hasard. Cette appréciation est liée au caractère évidemment plus ludique des expérimentations habituellement menées au BETA, qui portent sur la théorie des jeux (les sujets jouent les uns contre les autres). Egalement, cela peut traduire une certaine aversion au risque des sujets.

3.1.4.2. Choix d'itinéraires et d'heures de départ

Le tableau ci-dessous retrace les choix effectués par tous les joueurs sur l'ensemble des quinze périodes de jeu :

Tableau 6 : Choix effectués par tous les joueurs sur l'ensemble des quinze périodes de jeu pour $p1 = 5$

Joueurs Choix	information « nulle »					information « parfaite »				
	1	2	3	4	<i>Total Joueurs</i>	9	10	11	12	<i>Total Joueurs</i>
- R1R	3	-	-	-	3	-	-	-	-	0
- R2R	-	1	1	-	2	-	-	-	1	1
- R3R	-	11	12	15	38	1	4	-	7	12
- R4R	5	1	-	-	6	5	11	-	1	17
<i>Total RR</i>	8	13	13	15	49	6	15	0	9	30
- L1L	1	-	-	-	1	2	-	4	2	8
- L2L	2	-	-	-	2	-	-	-	2	2
- L3L	1	-	-	-	1	2	-	-	-	3
- L4L	-	-	-	-	0	1	-	-	-	1
<i>total LL</i>	4	0	0	0	4	5	0	4	4	13
- L1R	2	-	-	-	2	-	-	11	1	12
- L2R	-	2	-	-	2	2	-	-	1	3
- L3R	-	-	-	-	0	2	-	-	-	2
- L4R	1	-	2	-	3	-	-	-	-	0
<i>Total LR</i>	3	2	2	0	7	4	0	11	2	17

Tableau 7 : Choix effectués par tous les joueurs sur l'ensemble des quinze périodes de jeu pour $p1 = 15$

Joueurs Choix	information « nulle »					information « parfaite »				
	5	6	7	8	<i>Total Joueurs</i>	13	14	15	16	<i>Total Joueurs</i>
- R1R	-	1	-	-	1	-	-	-	-	0
- R2R	1	1	-	-	2	-	1	-	-	1
- R3R	6	1	2	-	9	-	-	-	-	0
- R4R	3	1	4	2	10	-	3	-	-	3
<i>Total RR</i>	10	4	6	2	22	0	4	0	0	4
- L1L	-	-	1	11	12	3	1	5	-	9
- L2L	1	4	1	-	6	3	2	-	6	11
- L3L	-	4	1	2	7	3	2	-	-	5
- L4L	-	-	-	-	0	1	-	-	-	1
<i>total LL</i>	1	8	3	13	25	10	5	5	6	26
- L1R	2	1	1	-	4	2	1	10	1	14
- L2R	2	-	3	-	5	1	-	-	5	6
- L3R	-	2	2	-	4	2	4	-	3	9
- L4R	-	-	-	-	0	-	1	-	-	1
<i>Total LR</i>	4	3	6	0	13	5	6	10	9	30

3.1.4.3. Confrontation avec les prédictions théoriques du modèle

On compare les traitements en information nulle et en information parfaite - pour un même niveau de péage - selon que l'on considère l'optimalité forte ou l'optimalité faible. Ces informations sont présentées sous deux formes différentes (en agrégé et par jeu).

3.1.4.3.1 Les traitements information nulle et information parfaite $p_1=5$

Figure 2 : Part du nombre de choix conformes (optimalité forte) en information nulle pour $p_1 = 5$

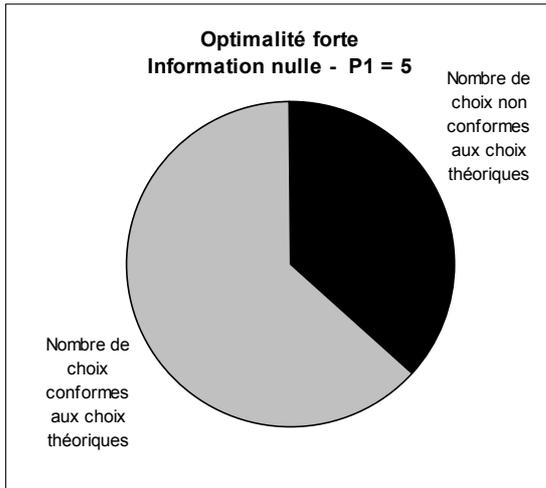


Figure 3 : Part du nombre de choix conformes (optimalité forte) en information parfaite pour $p_1 = 5$

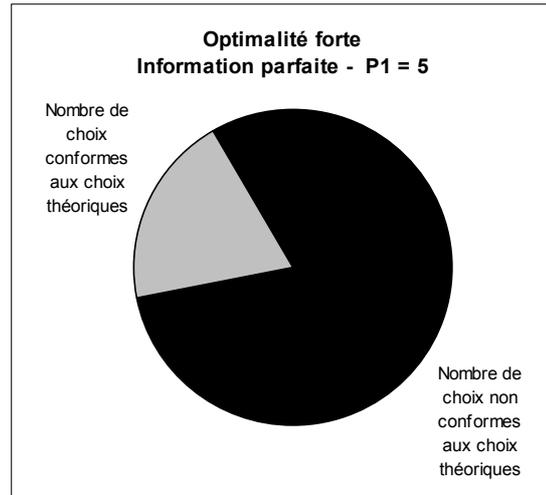


Figure 4 : Part du nombre de choix conformes (optimalité faible) en information nulle pour $p_1 = 5$

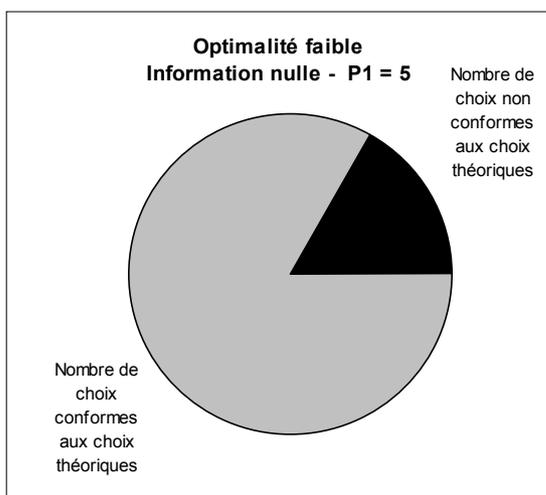
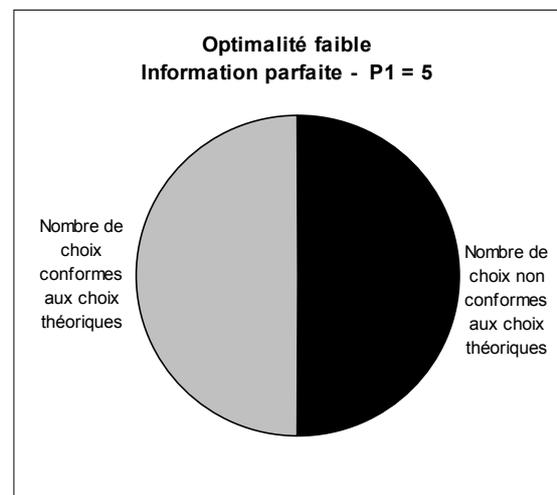


Figure 5 : Part du nombre de choix conformes (optimalité faible) en information parfaite pour $p_1 = 5$

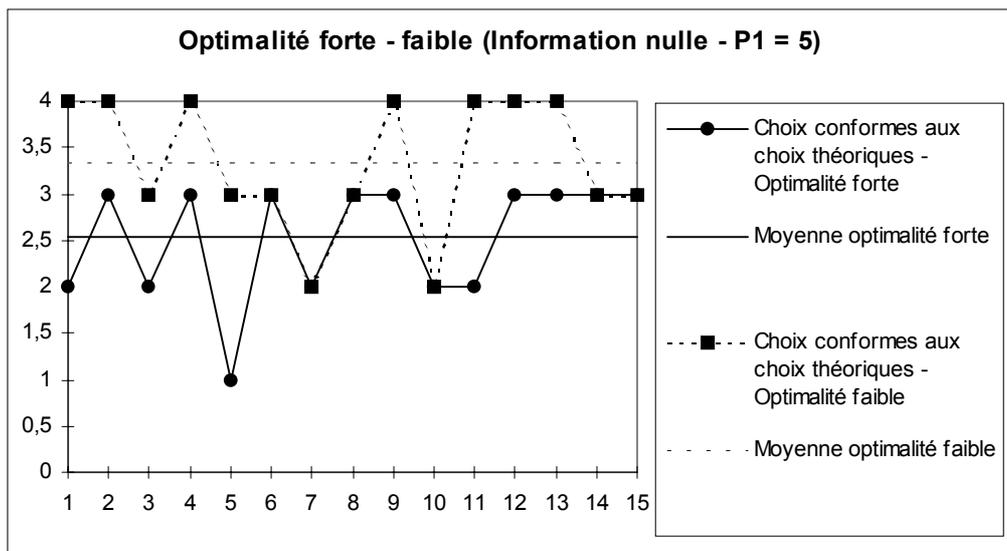


Le choix théorique en information parfaite et en information nulle est identique lorsque $p_1=5$. Cependant, on observe une différence significative entre les traitements réalisés en information nulle et en information parfaite. Cela peut s'expliquer par une forme de « préférence absolue pour la flexibilité » des joueurs. Sachant qu'en information parfaite, ils ont la possibilité de réviser leurs choix s'ils choisissent l'itinéraire flexible L, ils optent plus volontiers pour L dans la situation d'information parfaite plutôt que dans la situation

d'information nulle (voir le même résultat sur les figures 4 et 5 comparant l'optimalité faible et donc les choix d'itinéraires en information nulle ou parfaite).

Les figures 2 et 3 montrent que, si l'on considère les choix d'itinéraires et d'heure de départ, la différence entre choix théorique et choix effectués par les sujets est renforcée. Prenant davantage l'itinéraire L en information parfaite, les sujets sont conduits à adopter des choix d'heure de départ qui sont plus fortement variables - et différents de l'heure de départ optimale. On peut observer les mêmes résultats sur l'ensemble des périodes du jeu (voir figure 6 et 7).

Figure 6 : Part du nombre de choix conformes (optimalité forte) en information nulle pour $p_1 = 5$

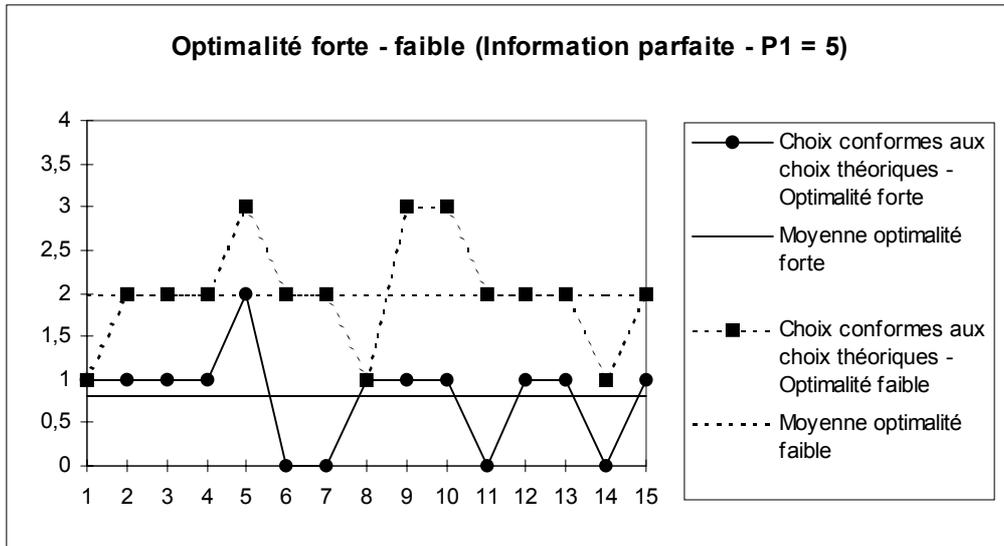


La comparaison des situations d'information nulle et d'information parfaite (figures 6 et 7), permet de mettre en évidence une différence plus forte entre le nombre de choix optimaux en optimalité faible et en optimalité forte pour le traitement information parfaite. Les choix d'heure de départ ont été très différents du choix théorique optimal, et ce particulièrement en information parfaite.

C'est dans le scénario information nulle $p_1=5$, que la conformité moyenne des choix en optimalité forte est la plus élevée (la moyenne est de 2,5 alors que dans les autres scénarios elle se situe dans une fourchette comprise entre 0,5 et 1).

Aucun phénomène net de convergence vers des résultats se conformant parfaitement aux choix théoriques ne semble pouvoir être observé pour ce scénario au niveau agrégé sur l'ensemble des 15 jeux.

Figure 7 : Part du nombre de choix conformes (optimalité forte) en information parfaite pour $p1 = 5$



3.1.4.3.2 Les traitements en information nulle et en information parfaite, $p1=15$

En moyenne, le nombre de choix conformes aux choix théoriques est plus élevé lorsque $p1=5$ que lorsque $p1=15$. L'élasticité prix du péage joue ici de façon significative, sachant cependant que la préférence pour la flexibilité explique également ce résultat. L'analyse de l'optimalité faible montre que pour des choix théoriques identiques (R3R) pour les scénarios $p1=5$ et $p1=15$, l'élasticité prix des choix est assez forte : R a été moins choisi quand $p1=15$ que quand $p1=5$.

Figure 8 : Part du nombre de choix conformes (optimalité forte) en information nulle pour $p1 = 15$

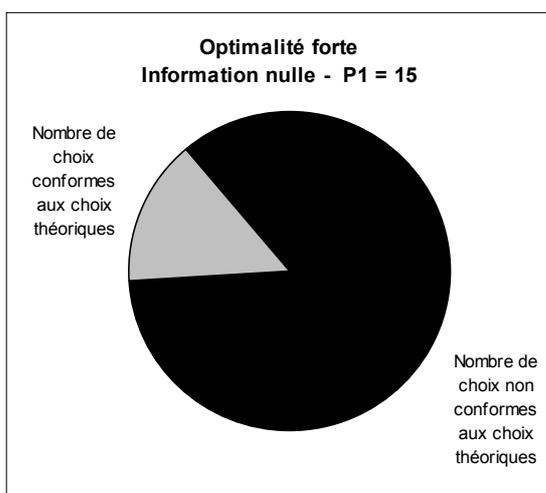
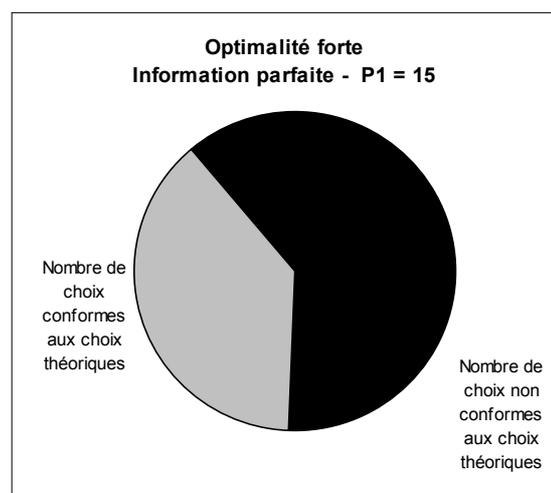


Figure 9 : Part du nombre de choix conformes (optimalité forte) en information parfaite pour $p1 = 15$



Pour $p1=15$, le choix théorique en information nulle est R3R alors que le choix théorique en information parfaite est L1R. La part des choix conformes aux choix théoriques est réduite en optimalité forte dans la mesure où cela suppose une conformité des choix d'itinéraires et

d'heure de départ. Toutefois, la part de l'optimalité forte représente approximativement 40% des choix !

Le nombre de choix théoriques conformes aux choix observés est faible en information nulle dans la mesure où le choix théorique était l'itinéraire payant. Lorsque, comme c'est le cas en information parfaite, le choix théorique en optimalité faible est le choix L, la conformité au choix théorique est nettement améliorée. La variabilité dans les choix d'heure de départ contribue à réduire la conformité des observations aux résultats théoriques en optimalité forte.

Figure 10 : Part du nombre de choix conformes (optimalité faible) en information nulle pour $p1 = 15$

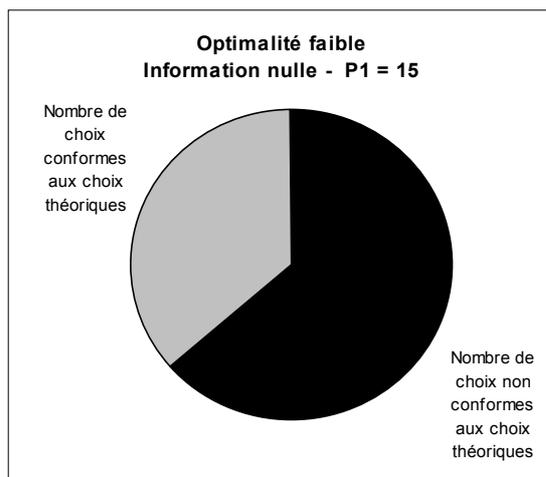
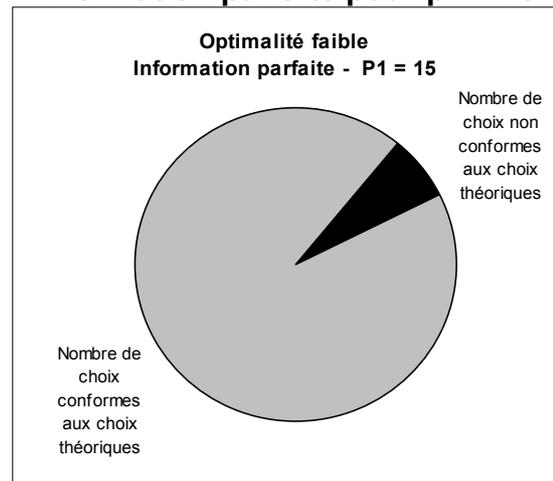


Figure 11 : Part du nombre de choix conformes (optimalité faible) en information parfaite pour $p1 = 15$

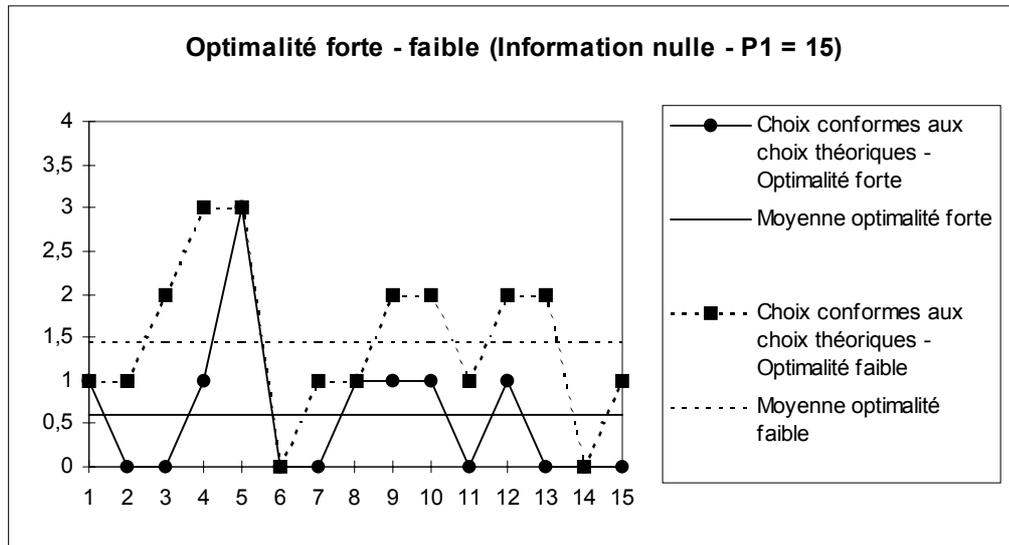


Les choix théoriques en optimalité faible entre information nulle et information parfaite étant différents pour $p1=15$, il est difficile de conclure à une préférence absolue pour la flexibilité comme nous avons pu le faire dans le scénario où $p1=5$. Cependant, il est clair que la perspective d'information croissante couplée à la flexibilité du choix L a beaucoup joué et explique le fort pourcentage de conformité mis en évidence par la figure 11.

La figure 12 ne permet pas de mettre en évidence une convergence et un apprentissage de la part des joueurs d'un jeu à l'autre au cours de l'expérience - tandis que l'observation de la figure 13 nuance ce propos.

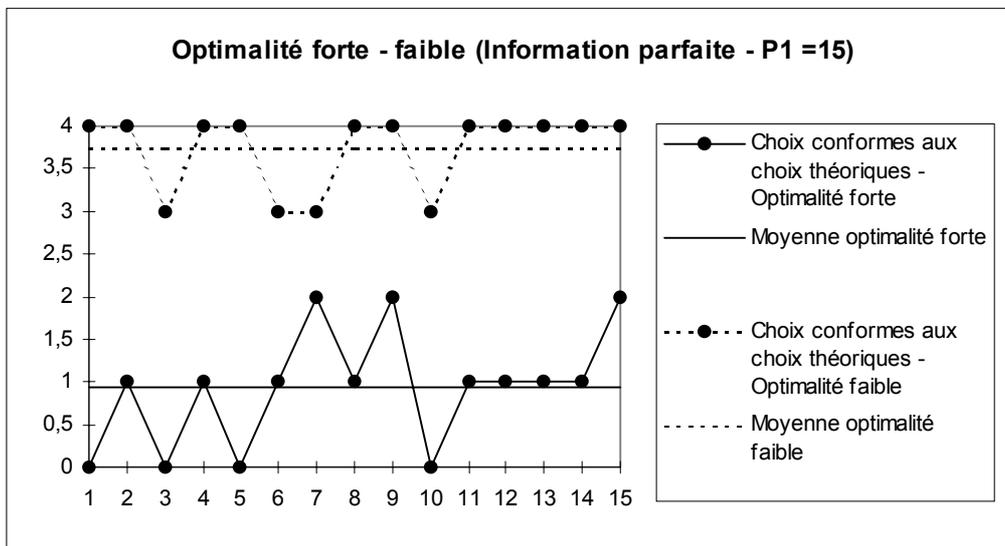
Là encore, on peut noter de fortes différences entre optimalité faible et optimalité forte selon les situations d'information parfaite et d'information nulle. Cette différence est cependant bien plus significative dans le scénario $p1=15$, dans la mesure où le choix d'itinéraire L est très nettement le meilleur.

Figure 12 : Comparaison optimalité faible - forte en information nulle pour p1=15



Le résultat mis en évidence plus haut, à savoir un taux de conformité très important des choix observés aux choix optimaux, est très significatif en information parfaite pour un niveau $p1=15$ (la moyenne est proche du niveau optimal, soit 4 choix L par période). La différence entre les taux de conformité selon le traitement informationnel (information nulle ou information parfaite) est d'autant plus significative.

Figure 13 : Part du nombre de choix conformes (optimalité forte) en information parfaite pour p1 = 15



3.1.4.4. Confrontation avec les prédictions théoriques du modèle

Sur la base des données empiriques présentées ci-dessus, et compte tenu du faible nombre d'observations, il était souhaitable de réaliser un test non paramétrique¹⁴. Nous avons utilisé le test de Mann et Whitney sur les rangs¹⁵. Le principe en est simple : si pour une variable étudiée sur deux échantillons X et Y indépendants, la somme des rangs sur l'échantillon X est trop importante par rapport à la somme des rangs de l'échantillon Y, l'hypothèse d'égalité des espérances sur la variable entre chaque échantillon doit être rejetée. Dans le cas de notre pilote, on observe le nombre de fois où un joueur a fait le choix optimal, ce dans les deux situations informationnelles. Puis on classe ces nombres par ordre de rang croissant. Le principe du test est alors de faire la somme des rangs sur une des situations informationnelles et de voir si cette somme est significativement différente de la somme des rangs sur l'autre situation¹⁶.

3.1.4.4.1. Pour le niveau de péage $p_1=5$

3.1.4.4.1.1. Optimalité forte

Le premier test concernait l'*optimalité forte*, c'est-à-dire la comparaison entre le nombre observé de solutions optimales en itinéraire et en horaire observées, ce dans les deux situations informationnelles. En l'occurrence, en information « nulle », la stratégie optimale était R3R (en espérance, c'est-à-dire *ex ante*) tandis qu'en information « parfaite », la stratégie optimale était également R3R (*ex ante*). Mais il faut faire la différence entre l'*optimalité ex ante* et l'*optimalité ex post* concernant la situation d'information parfaite, dans la mesure où, ayant connaissance des états du trafic, le joueur choisit alors la meilleure réponse afin de maximiser son paiement. Dans le cas où le péage était égal à 5, la stratégie optimale était R3, aussi bien en information nulle que parfaite, ce qui fait que, si le joueur se conforme au modèle de maximisation de l'espérance d'utilité, il choisira R en première période et un départ du point A à 3 heures. Compte tenu du fait que la stratégie R est irréversible, il ne peut pas adapter sa décision *ex post* à l'information qu'il obtient sur les états. Pour autant ce choix est le meilleur *ex ante* et sera donc retenu d'un point de vue théorique.

Le test pose qu'il n'y a pas de différence significative entre le nombre de fois où la stratégie R3 a été choisie en information nulle et le nombre de fois où cette stratégie a été retenue en information parfaite. A vrai dire, nous avons réalisé un test unilatéral « à droite », qui consistait à poser comme hypothèse alternative que le nombre de choix R3 en information nulle était significativement supérieur au nombre de choix R3 en information parfaite. La raison de ce choix est que si H1 était vraie, cela pourrait signifier que les individus ont délaissé plus fréquemment le choix irréversible du seul fait de l'existence de l'information, alors que ce choix restait optimal. En clair, les joueurs auraient surréagi à l'existence d'information, au-delà de ce que prédit le modèle théorique. Soit alors le test :

$$H_0 : n(R_3|Y') \leq n(R_3|Y)$$

$$H_1 : n(R_3|Y') > n(R_3|Y)$$

¹⁴ Cette possibilité de recourir aux tests non paramétriques explique la taille de l'échantillon, à savoir 4x4 joueurs, puisque l'on peut commencer à utiliser ces tests pour un nombre d'observations supérieur ou égal à 4.

¹⁵ CONOVER, W.J. 1980, *Practical Nonparametric Statistics*, New York, Wiley, p. 228 et ss.

¹⁶ Cette description du test est évidemment très grossière. Voir la référence ci-dessus pour plus de détails, ou encore BOUGET, D, et VIENOT, A., 1995, GIARD, V., 1995.

Au seuil alpha de 5 %, et compte tenu de la taille des échantillons ($n = 4$, $m = 4$), on doit rejeter H_0 . Les joueurs ne se sont pas comportés comme le prédisait le modèle théorique, et semblent avoir donné une importance trop forte à l'information, qui les a incité à retenir le choix flexible, néanmoins sous-optimal. La probabilité critique (p.c.) est approximativement de 0.0375 (calcul par interpolation linéaire), ce qui signifie que pour tout seuil α inférieur à cette p.c., on ne peut pas rejeter H_0 . Comme la p.c. est très faible, il est plus prudent d'accepter H_1 .

3.1.4.4.1.2. Optimalité faible

Ici, nous nous sommes contentés de raisonner uniquement sur les choix d'itinéraires, sans considérer les choix d'heure de départ, ce qui devrait *a priori* améliorer les résultats de la confrontation entre les données empiriques et les prédictions théoriques. Le test unilatéral se pose rigoureusement de la même manière que précédemment, si ce n'est que l'on ne raisonne que sur les effectifs de choix d'itinéraires des joueurs (voir tableaux ci-dessus) :

$$H_0 : n(R_i | Y') \leq n(R_i | Y)$$

$$H_1 : n(R_i | Y') > n(R_i | Y)$$

Au seuil de 5 %, il n'est pas possible de rejeter H_0 , - ie il n'y a pas de différence significative entre le nombre de fois où les joueurs ont choisi le choix irréversible en information parfaite et en information nulle -. La probabilité critique est légèrement supérieure à 6 % (voir annexe) ce qui représente une confirmation faible de H_0 (au seuil de 10%, H_0 aurait été rejetée).

L'optimalité faible est vérifiée, à savoir que les joueurs n'ont pas significativement plus joué R en information nulle qu'en information parfaite, ce à péage équivalent pour R. Les prédictions théoriques du modèle sont alors faiblement validées.

3.1.4.4.2. Pour le niveau de péage $p_1 = 15$

Le principe des tests reste le même. Toutefois, compte tenu du niveau plus élevé, on comprend qu'*a priori* l'attractivité de la solution flexible L soit encore plus grande pour les joueurs, et ce d'autant que cette solution est optimale en information parfaite sur les états du trafic pour la période 2.

3.1.4.4.2.1. Optimalité forte

Théoriquement, le seul fait que l'information soit disponible dans ce jeu modifie la stratégie optimale qui passe de R3R à L1R (voir tableau ci-dessus). En effet, la Valeur Espérée de l'Information Parfaite est plus forte que dans le cas du péage égal à 5 (elle est d'approximativement 9 F contre 7 F), ce qui accroît l'intérêt du choix flexible L. D'autre part, dans cette situation de péage élevé, le prix d'option en situation d'information nulle est négatif (le prix d'option est la différence entre l'espérance de paiement du choix L et l'espérance de paiement du choix R¹⁷), alors qu'il est positif en situation d'information parfaite, ce qui matérialise le fait que la décision flexible est devenue optimale.

Le principe du test est le suivant. Si les individus ont donné une valeur suffisante à l'information, ils ont dû retenir un plus grand nombre de fois la stratégie L. S'ils n'ont pas accordé suffisamment d'importance à l'information, on ne devrait donc pas observer de différence significative entre le nombre de fois où ils ont choisi L1 dans le cas d'information nulle et d'information parfaite. Formellement, le test se pose de la façon suivante :

$$H_0 : n(L_i | Y') \geq n(L_i | Y)$$

¹⁷ Plus généralement, le prix d'option est la différence entre l'espérance d'utilité du choix flexible et l'espérance d'utilité du choix irréversible (Voir Denant-Boèmont, 1996).

$$H1 : n(L_i|Y') < n(L_i|Y)$$

Au seuil de 5 %, il n'est pas possible de rejeter l'hypothèse nulle. La probabilité critique est d'ailleurs assez élevée, ce qui implique que l'acceptation de H1 occasionnerait un trop grand risque d'avoir rejeté H0 à tort. En clair, l'optimalité forte n'est pas vérifiée. Les joueurs n'ont pas beaucoup plus joué L en information parfaite qu'en information nulle. Il est toutefois clair que le poids du péage explique en partie ce résultat : les sujets ont considéré, à tort, que le niveau élevé du péage faisait de R un choix dominé. D'autre part, l'importance de ce coût certain a pu les inciter à plus « explorer » le jeu, ce qui est relativement corroboré par les chiffres. Notamment, les choix dans le jeu p1=15 en situation d'information nulle sont beaucoup plus « dispersés » que dans les autres jeux, et spécialement par rapport au jeu en information parfaite. Sur les 60 choix dans chaque groupe, dans le jeu d'information nulle, 37% des choix sont des choix R, 41% des choix LL et 22% des choix LR (on a presque une distribution uniforme des choix entre les trois possibilités). Dans le jeu d'information parfaite, 7% des choix sont des choix R, 43% des choix LL et 50% des choix LR, soit une écrasante majorité en faveur du choix flexible.

3.1.4.4.2.2. *Optimalité faible*

Les réflexions précédentes justifient pleinement le recours à l'analyse en termes d'optimalité faible, dans la mesure où le poids du choix L est écrasant en information parfaite (93% des choix contre 43% dans la même situation mais avec p1 = 5).

Le test se pose ainsi :

$$H0 : n(L_i|Y') \geq n(L_i|Y)$$

$$H1 : n(L_i|Y') < n(R_i|Y)$$

Au seuil de 5%, il n'est pas possible d'accepter H0. Toutefois, contrairement à ce que l'on aurait pu anticiper, la probabilité critique n'est pas très élevée (approximativement autour de 9 %).

On peut faire un bref récapitulatif des résultats :

Tableau 8 : Résultats des tests de Mann et Whitney au seuil de signification de 5 %

	Droit d'accès à R en première période = 5	Droit d'accès à R en première période = 5
Optimalité forte	<i>Non vérifiée</i>	<i>Non vérifiée</i>
Optimalité faible	Vérifiée	Vérifiée

Ces résultats nous invitent à revenir à des expérimentations très simples en respectant le principe énoncé aux Etats-Unis par l'expérimentaliste, David Cooper, à savoir le principe « KISS » (Keep It Simple and Stupid). Certes, ce principe, essentiel en économie expérimentale, implique une certaine frustration en termes de transport. Mais c'est au prix de cette progressivité dans la complexification des expériences que des résultats robustes et rigoureux peuvent être obtenus. Le schéma décrivant la proposition de programme de recherche présentée plus loin doit permettre de respecter ce principe essentiel.

Conclusion

Les conclusions issues du pilote peuvent être résumées de la manière suivante :

- il y a une vérification faible du modèle théorique du choix dynamique en information croissante. Les usagers expérimentaux ont plus opté pour le choix flexible quand la perspective d'information parfaite leur était offerte.
- toutefois, on a observé une surréaction à l'information. Nul doute que le niveau élevé du péage dans certains jeux les a détournés du choix irréversible. La conclusion que nous en tirons pour la suite est qu'il faudrait que le choix d'itinéraire irréversible obtienne un paiement certain. D'autre part, la variable informationnelle était binaire (« information parfaite » ou « information nulle »). Il serait souhaitable d'explorer des situations informationnelles intermédiaires, qui limiteraient sans nul doute ce phénomène de surréaction. Enfin, d'un point de vue pragmatique, il pourrait être pertinent pour le confort des joueurs de réduire le risque en réduisant par exemple le nombre d'états du trafic et le nombre de possibilités d'heures de départ.

3.2. Les potentialités de l'économie expérimentale en économie des transports : quel programme de recherche pour les années à venir ?

A l'issue des remarques faites ci-dessus sur l'intérêt mais également les limites d'un jeu expérimental de transport, il est possible de proposer d'adopter une démarche plus systématique d'investigation. C'est l'objet de ce dernier point, qui décrit un programme de recherche possible dans l'idée de constituer une véritable « économie des transports expérimentale ».

3.2.1. Enjeux scientifiques et techniques du projet d'économie des transports expérimentale

Compte tenu des difficultés de contrôle et d'analyse des données, il semble alors plus rigoureux et plus fructueux de revenir à une démarche de complexification « étape par étape ». L'inconvénient d'une telle démarche est qu'elle est relativement frustrante au départ du point de vue de la production de données en transport. En effet, les choix expérimentés dans le modèle de base peuvent avoir un caractère trivial, et seraient à ce titre peu intéressants pour l'aide à la décision en transport. Toutefois, cette approche nous semble la plus prometteuse, et on pourrait pousser le projet en considérant que c'est la seule voie possible un tant soit peu rigoureuse qui permette d'avoir recours à l'économie expérimentale en matière d'économie des transports. Au-delà d'une intuition scientifique, l'avantage d'une telle démarche est, qu'à chaque étape du programme d'expérimentations, l'environnement est strictement contrôlé et permet ainsi une interprétation plus aisée des données observées. C'est alors la garantie de pouvoir utiliser à des fins d'aide à la décision ces données en minimisant les risques de biais. Ces biais peuvent être liés à la manipulation à dessein du contexte expérimental, ou encore à l'existence de variables cachées « oubliées » par l'expérimentateur, ce qui rend les interprétations délicates ou impossibles. De plus, cette volonté de contrôle de l'environnement expérimental, qui implique des contextes très simplifiés de jeu, tout au moins au départ, est également une certaine garantie de la reproductibilité des données.

3.2.2. Nature et contenu du programme de recherche : des jeux d'entrée des individus dans le système de transport

La figure 14 ci-après résume la démarche proposée par le collectif d'équipes de recherche formée par le LET, le BETA et le GATE afin d'appliquer l'économie expérimentale à l'économie des transports.

L'idée de base est de partir d'un jeu très simple de choix d'itinéraire (2 possibilités). La base du programme de recherche (voir figure 14) est de décliner ce jeu en faisant d'une part l'hypothèse de congestion exogène, d'autre part l'hypothèse de congestion endogène.

L'hypothèse de congestion exogène signifie que l'état du trafic est déterminé aléatoirement et ne dépend pas des décisions des joueurs. *A contrario*, l'hypothèse de congestion endogène mettra les joueurs dans des situations expérimentales où le niveau du trafic est déterminé par leur choix individuel agrégé au niveau du groupe. En clair, dans le premier cas, on est dans le cadre de la théorie de la décision, alors que dans l'autre cas, on est dans le domaine de la théorie des interactions stratégiques, ou théorie des jeux.

Afin de mieux comprendre les causes de la variation de la demande de transports, nous proposons d'élaborer une série de traitements expérimentaux dérivés d'un même cadre théorique général. En effet, l'analyse expérimentale présente l'avantage de pouvoir d'isoler des variables de traitement et de les manipuler pour évaluer leur impact sur les comportements des usagers des transports. Dans une première section nous présentons les développements théoriques qui serviront de base à l'élaboration des protocoles expérimentaux. La section 2 décrira les traitements expérimentaux que nous prévoyons de réaliser (l'ensemble des traitements constitue un plan d'expériences).

3.2.2.1. Modélisation

Notre point de départ est un modèle de référence proposé par Arnott, de Palma et Lindsey (1990). Ce modèle analyse la manière dont un nombre fixe d'usagers se répartit sur un réseau routier, le réseau étant constitué de routes ayant différentes capacités et différents temps de trajet hors congestion mais ayant une même origine et une même destination. Les usagers du réseau ont une fonction de coût à la Vickrey¹⁸ (1969) et choisissent leur heure de départ. Dans un premier temps, les auteurs proposent une analyse sans péage et avec un réseau routier constitué de deux routes. Plusieurs propositions découlent de ce cadre simple. La première est que la répartition des usagers à l'équilibre est fonction du nombre d'usagers (la route ayant le temps de transport hors congestion le plus faible est congestionnée en premier). La seconde proposition est que, à l'équilibre, le temps de trajet sur la route utilisée est inférieur ou égal au temps de trajet sur la route non utilisée (le principe de Wardrop est donc vérifié). Ensuite, les auteurs comparent la situation d'équilibre à la situation d'optimum social en termes de répartition des usagers sur le réseau routier. Ainsi, la troisième proposition nous apprend que la répartition des usagers à l'optimum sera la même que celle à l'équilibre. Puis les auteurs étudient l'efficacité de différents types de péages. Nous rappelons que lors de l'utilisation d'un réseau routier par un usager, celui-ci induit une externalité négative sur les autres usagers puisqu'il augmente la congestion de l'infrastructure. La mise en place d'un péage a pour objectif l'internalisation de ces externalités et ce dans le but d'améliorer l'efficacité du système. Les auteurs établissent que le péage le plus efficace est un péage dont le niveau varie de façon continue au cours du temps. En effet, les gains additionnels obtenus par l'adjonction d'un péage résultent essentiellement des modifications d'heures de départ des usagers. Ce

¹⁸ Cette fonction de coût tient compte du temps de trajet de l'usager, de son heure d'arrivée ainsi que du péage éventuel. Par ailleurs, l'usager subit une pénalité plus forte lorsque qu'il arrive en retard que lorsqu'il arrive en avance.

dernier résultat est intimement lié à l'hypothèse d'un nombre fixe d'utilisateurs. Enfin, les auteurs étendent leur analyse au cas d'un réseau routier constitué de n routes où n est un nombre entier supérieur à 2.

Notre premier travail sera d'apporter des compléments à la modélisation de Arnott, de Palma et Lindsey. En effet, le modèle, décrit brièvement ci-dessus, permet essentiellement d'analyser l'arbitrage prix-temps dans les choix d'itinéraires de transport. Ainsi, nous souhaiterions étendre son champ d'analyse à l'arbitrage prix-temps dans les choix de mode de transport ainsi qu'à la réaction des utilisateurs des infrastructures à l'information en temps réel. Une seconde limite du modèle vient de l'homogénéité des utilisateurs qui disposent tous de la même fonction de coût. Nous souhaiterions lever cette hypothèse en introduisant un coût privé pour chaque utilisateur. Enfin, il nous semble important d'ajouter une seconde source de congestion négligée jusqu'alors, à savoir le temps de stationnement à l'arrivée.

Ces différents compléments apportés au modèle de base devraient nous permettre d'élaborer un programme expérimental complet de l'étude des causes de la variation de la demande de transport.

3.2.2.2. *Expérimentation*

Les différents traitements expérimentaux proposés reposeront sur des paramétrisations du modèle de référence de Arnott, de Palma et Lindsey (1990, 1993) ainsi que sur les compléments que nous apporterons à cette modélisation.

- Nous analyserons, à travers plusieurs traitements expérimentaux, la modification de l'utilisation du réseau routier par les utilisateurs (sujets) lors de la *manipulation de la variable « péage »*. Pour ce faire, nous testerons différents niveaux de péage et différents types de péage sur un même réseau routier;
- Nous ferons *varier l'offre des modalités de transport* afin d'en étudier l'impact sur le comportement des utilisateurs;
- *Différents niveaux d'information concernant le degré de congestion du réseau routier* seront apportés aux utilisateurs. Nous étudierons la prise en compte ou non de cette information par les sujets dans leurs choix de transport;
- Nous ajouterons une source supplémentaire de congestion à savoir *le temps de stationnement à l'arrivée*. Notre étude portera alors sur la prise en compte de cet élément dans les décisions des utilisateurs;
- Enfin, une dernière série de traitements expérimentaux sera mise en place afin d'étudier les comportements en laboratoire de sujets (jouant le rôle des utilisateurs) ayant des *fonctions de coût de transport différentes*; notre analyse portera sur l'impact de l'introduction d'hétérogénéité au sein des utilisateurs d'un réseau routier.

L'ensemble de ces différents traitements expérimentaux reposeront sur trois constantes :

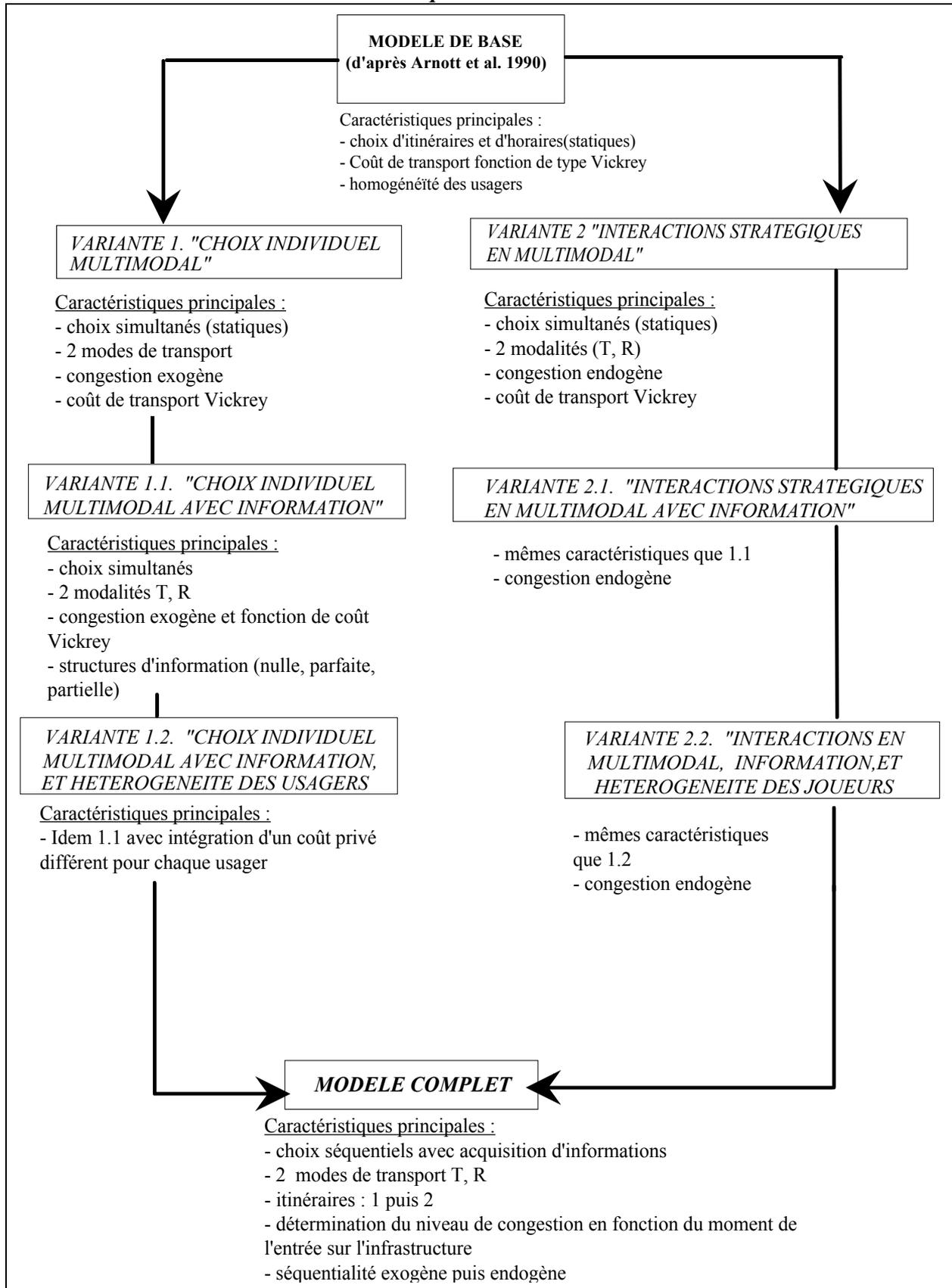
1. Un groupe de 16 sujets constituera le nombre d'utilisateurs en interaction sur le réseau routier. La problématique de congestion nécessite en effet une étude sur des « grands groupes ». Ce point pourra éventuellement être validé en modifiant la taille des groupes¹⁹;
2. Le groupe de sujets fera face à plusieurs reprises au même problème de choix d'itinéraire ou de mode de transport ainsi qu'au même environnement. La répétition de la situation permet un apprentissage de la part des sujets et une analyse dynamique affinera notre compréhension du phénomène;

¹⁹ Les choix des sujets dans ce genre d'environnement se rapprochent de ceux sur un marché avec « prix affichés » (*posted-offer*). Or, les expériences réalisées dans ce cadre ont montré que la taille des groupes n'avait aucun effet.

3. De façon générale, les sujets seront confrontés à 3 types de choix : une heure de départ, un choix d'itinéraire et/ou une modalité de transport (ces types de choix seront isolés ou en combinaison).

Les deux premières constantes sont fondamentales pour la validation des données expérimentales produites. Nous rappelons par ailleurs que les décisions des sujets se traduiront par des gains en francs plus ou moins importants; l'incitation des sujets est donc réelle. Enfin, alors que la méthode expérimentale utilise traditionnellement des étudiants pour sujets, il nous paraît intéressant dans le cadre de cette problématique d'amener au sein du laboratoire des personnes pour lesquelles les choix de transport sont une réelle préoccupation. Malheureusement, le coût d'incitation pour des personnes ayant une activité professionnelle est bien supérieur à celui des étudiants. En effet, les coûts liés au déplacement sur le lieu d'expérimentation et les coûts d'opportunité du temps sont plus élevés. Par ailleurs, l'utilisation d'une population « professionnelle » nécessite d'organiser les sessions expérimentales le soir ou le week-end. Nous limiterons donc l'utilisation de sujets « professionnels » à quelques traitements.

Figure 14 : proposition pour un programme de recherche en économie des transports expérimentale



Conclusion de la partie 3

Au global, cette série d'expérimentations basée sur le modèle initial de Arnott *et al.* (1990) dessine une architecture pour un programme de recherche, illustrée par la figure ci-dessus. Cette représentation possède l'intérêt de révéler les points de passage qui nous semblent nécessaires pour arriver à un modèle relativement complet. Ce modèle permettrait enfin de satisfaire les trois objectifs énoncés par Roth : réfuter les modèles théoriques, rechercher des faits saillants par l'observation contrôlée et aider la décision publique.

4. Conclusion générale

L'objectif de ce rapport était d'évaluer l'intérêt du recours à l'économie expérimentale en matière d'aide à la décision dans le domaine des politiques de transport. Il a d'abord été montré que, du point de vue des méthodes de production de données existant en transport (préférences déclarées et préférences révélées), l'économie expérimentale possédait une réelle originalité et était en passe de gagner un véritable statut scientifique. Nous avons donc défini le plus précisément possible cette classe de méthodes et les hypothèses de travail sur lesquelles s'appuient les expérimentalistes. En outre, nous avons brossé un portrait aussi exhaustif que possible sur le thème « expérimentation et transport ». En effet, il paraissait utile de situer l'économie expérimentale par rapport à d'autres méthodes qui, en transport, se réclament de l'expérimentation. Il est clair que ces disciplines sont très différentes, bien qu'elles possèdent des traits communs. Cela nous a conduit à montrer la richesse et la diversité des travaux d'économie expérimentale dans des champs qu'on peut considérer comme connexes à l'économie des transports : économie publique, marchés et choix individuels. Malgré cette diversité, force est de constater la faiblesse des travaux en économie appliquée, *a fortiori* en économie des transports. La recension des travaux d'économie expérimentale appliquée au domaine des transports est en effet vite faite ! Toutefois, une analyse détaillée de ces travaux nous a permis de constater l'extrême intérêt de telles approches en termes d'aide à la décision publique. Il faut néanmoins observer que ces applications se concentrent avant tout sur les problèmes d'efficacité de l'allocation marchande des divers « droits à transporter ». Le champ des interactions stratégiques entre usagers du transport ou encore le domaine du choix de transport en environnement incertain restent peu ou pas explorés.

Dès lors, le projet de constituer une véritable « économie des transports expérimentale », encore à l'état embryonnaire, devient crédible :

- il y a en effet une véritable place pour l'économie expérimentale, de par l'originalité et la rigueur de sa démarche en complément des autres outils habituels de prévision et d'aide à la décision en transport,
- compte tenu de l'intérêt des travaux évoqués ci-dessus concernant les marchés du transport, l'argument d'un caractère excessivement théorique de l'économie expérimentale par rapport à des préoccupations appliquées ne tient pas. On ne voit alors pas pour quelles raisons cet argument de théorisation excessive serait plus pertinent pour le choix individuel ou les interactions stratégiques.

Toutefois, si ce projet est crédible, le chemin qui reste à parcourir est encore long. Partagé entre le souci de rigueur propre à l'économie expérimentale et la volonté de pertinence de ses travaux, l'expérimentaliste en économie appliquée doit sans doute renoncer au moins à court terme au projet de produire des données immédiatement utilisables dans les processus de décision. Ce dilemme a été éprouvé au travers de l'expérimentation qui a été réalisée sur les choix d'itinéraires en situation de trafic incertain. Bien que les résultats soient encourageants, au regard notamment d'une validation partielle du modèle théorique, des difficultés d'interprétations demeurent, sûrement en raison d'une trop grande complexité du protocole expérimental. Néanmoins, on a pu observer que les usagers « expérimentaux » réagissaient

fortement à l'information routière et aux niveaux de péage, et même sur-réagissaient, puisque l'information affectait leurs choix au delà de ce que le modèle théorique prédisait. Cela milite pour une simplification de cette expérimentation, et plus généralement de toute expérimentation dans le domaine des choix individuels en transport. La conséquence logique de tout cela est que la constitution d'une économie des transports expérimentale ne peut passer que par un programme d'expérimentations rigoureux, graduel et systématique qui permettrait de garder le maximum de contrôle sur l'environnement expérimental. Surtout, cette rigueur, qui passe nécessairement dans un premier temps par une simplification, est la condition *sine qua non* d'un test au sens strict des théories explicatives du choix de transport.

Références bibliographiques

- ABDEL-ATY, M.A., KITAMURA, R., JOVANIS, P.P. 1997. « Using stated preference data for studying the effect of advanced traffic information on drivers' route choice », *Transportation Research*, 5C, 1. p. 39-50.
- ADLER J., RECKER W.W., MC NALLY M.G., 1993, « A Conflict Model and Interactive Simulator (FASTCARS) for Predicting En-route Driver Behaviour in Response to Real-Time Traffic Condition Information. », *Transportation*, 20, p. 83-106.
- ALLAIS, M. 1953. « Le comportement de l'homme rationnel devant le risque ». *Econometrica*, l. 21, 1953. p. 503-546.
- ARNOTT, R., DE PALMA, A., LINDSEY, R. 1990 « Departure time and route choice for the morning commute », *Transportation Research*, 24B, 3. p. 209-228.
- ARNOTT, R., DE PALMA, A., LINDSEY, R. 1993. « A structural model of peak-period congestion: A traffic bottleneck with elastic demand », *American Economic Review*, 83, 1, 1993. p. 161-179.
- BERNOUILLI, D. 1738. « Specimen theoriae novae de mensura sortis », *Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae*, 5, p. 175-192.
- BOHM, P., 1972 « Estimating demand for Public Goods: an Experiment », *European Economic Review*, 3, 1972. p. 111-30.
- BONSALL, P., 1997 « Motivating the respondent: how far should you go? », IATBR'97, Austin, Texas, Conference preprints, 1997.
- BONSALL, P., *et al.* 1998. Experiments to Determine Drivers' Response to Road-User Charges. Antwerp, 8^{ème} WCTR, 1998. n.p.
- BONSALL, P., *et al.* 1998. « Validating the Results of a Route Choice Simulator ». Forthcoming *Transportation research*.
- BONSALL, P., PALMER, I., FIRMIN P., CLARKE, R., 1994 « VLADIMIR and TRAVSIM » PTRC 22nd, European Transport Forum, (Summer Annual Meeting), Seminar Proceedings, p. 65-76.
- BONSALL, P., MERRALL, A., 1995, « Analysing and Modelling the Influence of Roadside Variable Message Displays on Driver's Route Choice », 7th WCTR, Sydney, 1995.
- BONSALL, P., PALMER, I., FIRMIN P., ANDERSON M., BALMFORTH P., 1996 « Validating VLADIMIR: Can the Results of a Route Choice Simulator be Trusted ? » Fourth International Conference on Survey Methods in Transport, Steeple-Aston, Conference Pre-prints.
- BONSALL, P., PALMER, I., CHO H-J., THORPE N., 1997 « Experiments to Determine Drivers' Response to Road User Charge ? », IATBR'97, Austin, Texas, Conference preprints, 1997.
- BONSALL, P., PALMER, I. 1998. Route choice in response to variable message signs - Factors affecting compliance. Antwerp, 8^{ème} WCTR, 1998. 19 p.
- BOUGET, D, et VIENOT, A., 1995. *Traitement de l'information : statistiques et probabilités*. Paris, Vuibert, 1995.
- BRADLEY, M. 1988. « Realism and Adaptation in Designing Hypothetical Travel Choice Concepts », *Journal of Transport Economics and Policy*, 22, 1, 1988, p. 121-137.

- BREWER, P.J.; PLOTT, C.R. 1994. A Binary Conflict Ascending Price (BICAP) Mechanism for the Decentralized Allocation of the Right to Use Railroad Tracks. Caltech Social Science Working Paper: 887, June 1994, pages 22.
- CAMERER, C.F. 1995. « Individual Decision Making », in KAGEL, J.H. et ROTH, A.E. *The Handbook of Experimental Economics*. Princeton, Princeton University Press, 1995. p. 587-703.
- CHAMBERLIN, E.H. 1948. « An experimental imperfect market », *Journal of Political Economy*, 52, 2, 1948. p. 95-108.
- COHENDET, P., LLERENA, P. 1989. *Flexibilité, information et décision*. Paris, Economica, 1989.
- CONOVER, W.J. 1980, *Practical Nonparametric Statistics*, New York, Wiley, 1980.
- DAVIS, D., HOLT, C. 1993. *Experimental Economics*. Princeton, Princeton University Press, 1993.
- DELOCHE, R. 1995. « Expérimentation, science économique et théorie des jeux », *Revue économique*, 46, 3, 1995. p. 951-960.
- DELVERT, K., PETIOT, R. 1999. Behavioural response to traffic variability: an experimental outlook on road pricing as willingness to pay for certainty. Anvers, Proceedings of the 8^{ème} WCTR, 12-17 juillet 1998. Forthcoming, 1999.
- DENANT-BOEMONT, L. 1996. Les valeurs de la flexibilité dans le calcul économique public : Investissement et choix de systèmes techniques en transport collectif urbain. Lyon, Université Lumière Lyon 2, Faculté de Sciences Economiques et de Gestion, Thèse Doctorat, 01/96. p. 410.
- DENANT-BOEMONT, L., PETIOT, R. 1999 Information Value and Sequential Decision-making in a Transport Context: An Experimental Study. Lyon, Laboratoire d'Economie des Transports, Working paper 99-01.
- ELLSBERG, D. 1961. « Risk, ambiguity and the Savage axioms », *Quarterly Journal of Economics*, 75, 1961. p. 643-649.
- ETNER, F. 1987. *Histoire du calcul économique en France*. Paris, Economica, 1987.
- FISCHER, A.J., BURNS, J.P.A., MEYLER, M.J., TIERNAN, P., HATCH, J.H. 1992. « The market for taxi-cab licences: An experimental analysis », *International Journal of Transport Economics*, XIX, 3, 1992. p. 329-353.
- FLOOD, M.M. 1958. « Some experimental games », *Management science*, 5, 1958. p. 5-26.
- FOURAKER, L.E., SIEGEL, S. 1963. *Bargaining Behavior*. New York, McGraw Hill, 1963.
- FOWKES, T., WARDMAN, M. 1988. « The Design of Stated Preference Travel Choice Experiments », *Journal of Transport Economics and Policy*; 22, 1, 1988, p. 27-44.
- FRIEDMAN, D., SUNDER, S. 1994. *Experimental Methods: A Primer for Economists*. Cambridge, Cambridge University Press, 1994.
- GIARD, V. 1995. *Statistique appliquée à la gestion*. Paris, Economica, 7^{ème} édition, 1995.
- GOLLEDGE, R.G., 1997 « Dynamics and ITS: Behavioral Responses to Information Available from ATIS », IATBR'97, Austin, Texas, Conference preprints, 1997.
- Gordon, S., 1954, « The Economic Theory of a Common-Property Resource: The Fishery », *Journal of Political Economy*, 1962, p. 124-142.
- GRETHER, D.M., ISSAC, R.M., PLOTT, C.R. 1981. « The allocation of Lending Rights by Unanimity among Competitors », *American Economic Review*, 71, 2, 1981. pp. 166-171.
- GRETHER, D., PLOTT, C. 1984. « The effects of market practices in oligopolistic markets: an experimental examination of the Ethyl case », *Economic Inquiry*, 22, 1984. p. 479-507.
- GRETHER, D.M., ISAAC, R.M., PLOTT, C.R. 1989. The allocation of scarce resources: Experimental economics and the problem of allocating airport slots, *Underground Classics in Economics series*, Boulder, Colo. and London, Westview Press, 1989.

- GULER, K, PLOTT, C.R. 1987. A Study of Zero-Out Auction: Experimental Analysis of a Process of Allocating Private Rights to the Use of Public Property. Caltech Social Science Working Paper: 650, August 1987, 70 p.
- HARDIN, G., 1968. « The Tragedy of the Commons », *Science*, 162, p. 1243-48.
- HAUER, E., GREENOUGH, J.C. 1982. « A Direct Method for Value of Time Estimation », *Transportation Research*, 16A, 3, 1982. p. 163-172.
- HENSHER, D.A., BARNARD, P.O., TRUONG, T.P. 1988. « The Role of Stated Preference Methods in Studies of Travel Choice », *Journal of Transport Economics and Policy*; 22, 1, 1988, p. 45-58.
- HEY, J.D. 1991. *Experiments in Economics*. Oxford, Blackwell, 1991.
- HOLT, C.A., LANGAN, L., VILLAMIL, A. 1986. « Market power in oral double auctions », *Economic Inquiry*, 24, 1986. p. 107-123.
- HONG, J.T., PLOTT, C.R. 1982. « Rate filing Policies for Inland Water Transportation: An Experimental Approach », *Bell Journal of Economics*, 13, p. 1-19.
- IIDA, Y., UNO, N., UCHIDA, T. 1992. Experimental analysis approach to estimation of dynamic route choice model considering travel time prediction. *Proceeding 6^{ème} WCTR*. 1992.
- ISAAC, R.M., MCCUE K.F., PLOTT, C.R., 1985, « Public Goods Provision in an Experimental Environment », *Journal of Public Economics*, 26. p. 51-74.
- ISAAC, R.M., SMITH, V.L. 1985. « In Search of Predatory Pricing », *Journal of Political Economy*, 93,2, 1985. p. 320-345.
- ISAAC, R.M., WALKER J.M., 1988, « Group Size Effects in Public Goods Provision : the Voluntary Contribution Mechanism », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 103, pp. 179-200.
- KAGEL, J.H. 1994. « Auction: A Survey of Experimental Research », in Kagel, J.H., Roth, A.E. (ed.) *The Handbook of Experimental Economics*. Princeton, Princeton University Press, 1994. p. 501-585.
- KAGEL, J.H. et ROTH, A.E. *The Handbook of Experimental Economics*. Princeton, Princeton University Press, 1995.
- KAHNEMAN, D., TVERSKY, A. 1979. « Prospect theory: an analysis of Decision under Risk. », *Econometrica*, 47, 2, 1979. p. 263-291.
- KOUTSOPOULOS, H.N., LOTAN T. AND YANG,Q., 1994, « A Driving Simulator and Its Application To Modelling Route Choice In The Presence of Information »
- KROES, E. P.; SHELDON, R. J. 1988. « Stated Preference Methods », *Journal of Transport Economics and Policy*; 22, 1, 1988, p. 11-25.
- KURAUCHI, F, IIDA, Y., YOSHIYA, Y. 1998. Experimental analysis on drivers parking behaviour under information provided. Antwerp, 8^{ème} WCTR, 1998. 13 p.
- LALONDE, R.J. 1986. « Evaluationg the Econometric Evaluations of Training Programs With Experimental Data », *American Economic Review*, 76, 1986. p. 604-620.
- LEDYARD, J.O, 1995. « Public goods: A survey of experimental Research », in KAGEL, J.H. et ROTH, A.E. (ed.) *The Handbook of Experimental Economics*. Princeton, Princeton University Press, 1995. p. 111-194.
- LESOURNE, J. 1972. *Le calcul économique*. Paris, Dunod, 1972, 2ème édition, revue et corrigée. 464 p.
- LEVY-GARBOUA, V. 1992. « Pourquoi la prévision modélisée déçoit-elle ? », *Revue Economique*, 43, 4, 1992. p. 591-601.
- LICHTENSTEIN, S., SLOVIC, P. 1971. « Reversal of preferences between bids and choices in gambling decisions », *Journal of Experimental Psychology*, 89, 1971. p. 46-55.
- LINDMAN, H.R. 1971. « Inconsistent preferences among gambles », *Journal of Experimental Psychology*, 89, 1971. p. 390-397.

- LOUVIERE, J. J. 1988. « Conjoint Analysis Modelling of Stated Preferences », *Journal of Transport Economics and Policy*, 22, 1, 1988, p. 93-119.
- MACCRIMMON, K.R. 1965. *An experimental study of the decision making behavior of business executives*. Unpublished dissertation. Los Angeles, University of California.
- MAHMASSANI, H.S., 1997 « Dynamics of Commuter Behaviour : Recent Research and Continuing Challenges », STOPHER P., LEE-GOSSELIN M. (eds.), *Understanding Travel Behaviour in an Era of Change*, p. 280-313.
- MAHMASSANI, H.S., HERMAN R., 1990 « Interactive Experiment for the Study of Tripmaker Behaviour Dynamics in Congested Commuting Systems », JONES P. (ED.), *Development in Dynamic and Activity-based Approaches to Travel Analysis*, Adelshot, Avebury, p. 272-298.
- MAHMASSANI, H.S., HU T-H., 1997 « Simulation of Day-to-day Behavior in Traffic Networks », IATBR'97, Austin, Texas, Conference preprints.
- MARWELL, G., AMES, R. 1979. « Experiments on the provision of public goods I: Ressources, interest, group size and the free-rider problem », *American Journal of Sociology*, 84, 6, 1979. p. 1335-1360.
- MARWELL, G., AMES, R. 1980. « Experiments on the provision of public goods II: Provision points, stakes, experience and the free-rider problem », *American Journal of Sociology*, 85, 4, 1980. p. 926-937.
- MARWELL, G., AMES, R. 1981. « Economists free ride, does anyone else ? Experiments on the provision of public goods », *Journal of Public Economics*, 15, 1981. p. 295-310.
- MUNIER, B. 1995. « Méthodes expérimentales d'évaluation des théories du risque », *Revue économique*, 46, 3, 1995. p. 939-949.
- NILSSON, J.-E. 1997. Allocation of track capacity. Experimental Evidence on the Use of Priority Auctioning in the Railway Industry. Borlänge (Swe), Center for Research in Transportation and Society, Dalarna University College, working paper n°1997-01-13. 1997. 35 p.
- OSTROM E., ISAAC, R.M., WALKER J.M., 1993, « Common Pool Ressources », Michigan University Press, Ann Arbor.
- Ouwersloot, H., RIETVELD, P. 1996. « Stated Choice Experiments with Repeated Observations », *Journal of Transport Economics and Policy*, 30, 2, 1996, p. 203-12.
- PLOTT, C.R. 1982. « Industrial Organisation Theory and experimental economics » *Journal of Economic Literature*, 20, 1982. p. 1485-1527.
- PLOTT, C.R. 1983. « Externalities and Corrective Policies in Experimental Markets » *The Economic Journal*, 93, p. 106-127.
- PLOTT, C.R. 1989. « An Updated Review of Industrial Organization Applications of Experimental Methods », in SCHMALENSEE, R., WILLIG, R.D. (ed.) *Handbook of Industrial Organization*, Elsevier, vol. II, 1989. p. 1111-1176.
- PLOTT, C.R., SMITH, V.L., 1978, « An Experimental Examination of Tow Exchange Institutions », *Review of Economic Studies*, 45, p. 133-53.
- QUARMBY ; D.A. 1977. *La contribution de la recherche économique aux décisions de politique des transports - Thème 3 : choix des priorités d'investissement sous l'angle pratique*, CEMT, Londres.
- ROTH, A.E. 1987. « Laboratory Experimentation in Economics », in BEWLEY, T.F. (ed.), *Advances in Economic Theory. Fifth World Congress*, Cambridge, Cambridge University Press, 1987.
- ROTH, A.E. 1995. « Intoduction to Experimental Economics » in KAGEL, J.H. et ROTH, A.E. *The Handbook of Experimental Economics*. Princeton, Princeton University Press, 1995. p. 3-109.

- ROUSSEAS, S.W., HART, A.G. 1951. « Experimental verification of a composite indifference map », *Journal of Political Economy*, 59, 1951. p. 288-318.
- SAVAGE, L.J. 1954. *The Foundations of Statistics*. New York, Wiley, 1954.
- SCHNEIDER, K., WEIMANN, J. 1997. Against all odds: Nash equilibria in a road pricing experiment. Magdeburg, Otto-von-Guericke-Universität, Fakultät für Wirtschaftswissenschaft, Preprint nr. 30, 1997. 8 p.
- SIEGEL, S., FOURAKER, L.E. 1960. *Bargaining and Group Decision Making*, New York, McGraw Hill, 1960.
- SMITH, V.L. 1962. « An Experimental Study of Competitive Market Behavior », *Journal of Political Economy*, 70, 2 1962. p. 111-137.
- SMITH, V.L. 1964. « The Effect of Market Organization on Competitive Equilibrium », *Quarterly Journal of Economics*, 78, 1964. p. 181-201.
- SMITH, V.L. 1976. « Experimental economics: Induced Value Theory », *American economic review*, 72. 923-955.
- SMITH, V.L. 1982. « Microeconomic systeme as an experimental science ». *American Economic Review*, 72, 5, 1982. p. 923-955.
- SMITH, V.L. 1989. « Theory, Experiment and Economics », *Journal of Economic Perspectives*, 3, 1989. p. 151-169.
- SMITH, V.L. 1991. « Rational choice. The contrast between Economics and Psychology », *Journal of Political Economy*, 99, 4, 1991.
- THURSTONE, L.L. « The indifference function », *Journal of Social Psychology*, 2, 1931. p. 139-167.
- VICKREY, W. 1969 « Congestion Theory and Transport Investment », *American Economic Review*, 59, p. 251-260.
- VON NEUMANN, J., MORGENSTERN, O. 1947. *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton, Princeton University Press, 1947.
- WALLIS, W.A., FRIEDMAN, M. « The empirical derivation of indifference functions », in : LANGE, O., MCINTYRE, F., YNTEMA, T.O. *Studies in mathematical economics and econometrics in memory of Henry Schultz*. Chicago, University of Chicago Press, 1942. p.179-189.
- WARDMAN, M. 1988. « A Comparison of Revealed Preference and Stated Preference Models of Travel Behaviour », *Journal of Transport Economics and Policy*; 22, 1, p. 71-91.
- WARDMAN, M. 1991. « Stated preference methods and travel demand forecasting: an examination of the scale factor problem », *Transportation Research*, 25A, 2/3, p. 79-89.
- WILLINGER, M. 1989. « Flexibilité et valeur de l'information », in COHENDET, P. LLERENA, P. *Flexibilité Information et Décision*. Paris, Economica, 1989. p. 103-120.
- WILLINGER, M. 1990. « La rénovation des fondements de l'utilité et du risque », *Revue économique*, 1, 1990. p. 5-48.

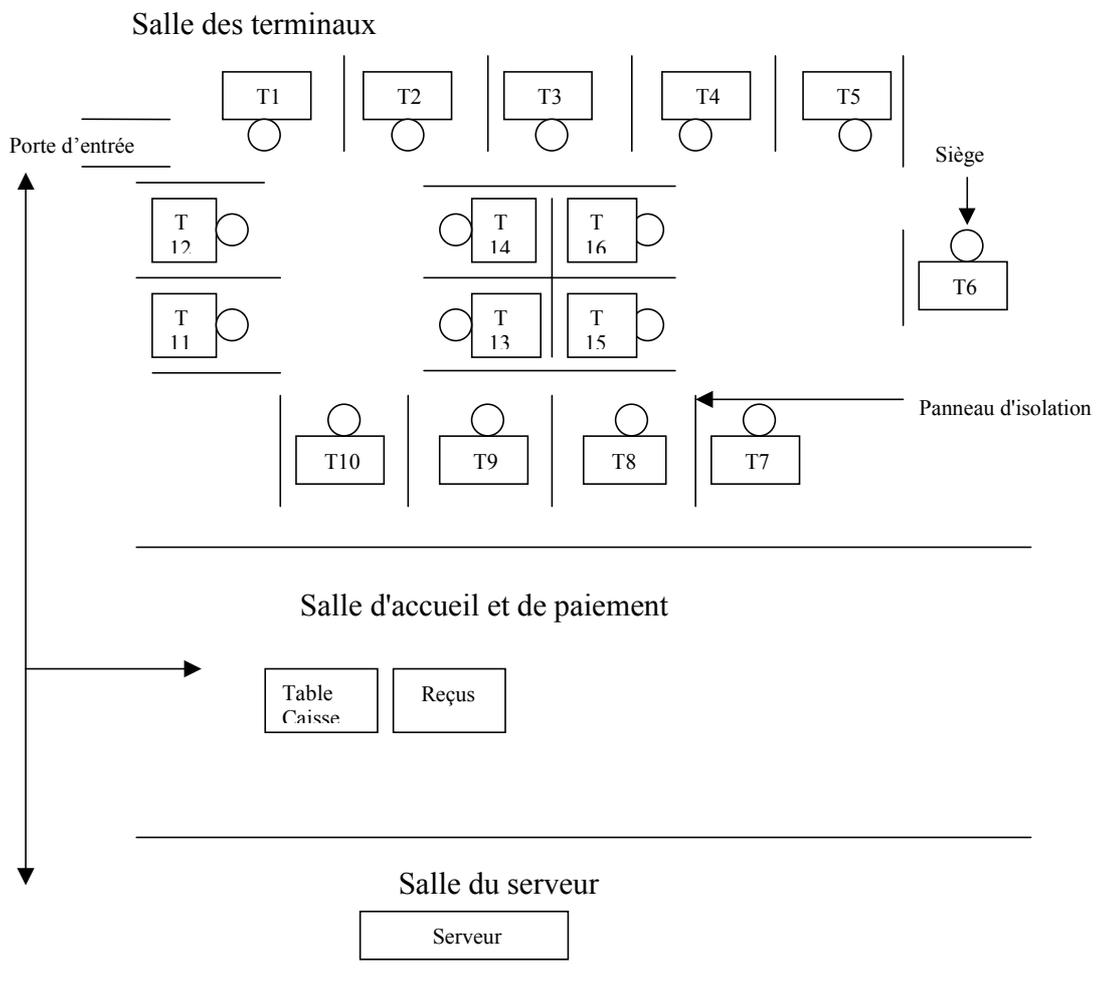
Annexes

Annexe 1 : configuration matérielle d'une salle d'économie expérimentale : le cas de Strasbourg

Matériel informatique présent au sein du laboratoire d'Economie Expérimentale de Strasbourg

- 16 terminaux : ordinateurs de puissance réduite chargés de recueillir les décisions des sujets ;
- un serveur : ordinateur de forte puissance permettant aux terminaux de « dialoguer » entre eux. Cet ordinateur veille au bon déroulement d'une session expérimentale. Toute anomalie se produisant au cours d'une session expérimentale est immédiatement signalée par le serveur ;
- un concentrateur de réseau : matériel assurant la liaison entre le serveur et les terminaux.

Architecture du laboratoire d'Economie Expérimentale de Strasbourg



Pour permettre le bon déroulement d'une session expérimentale, trois personnes, au minimum, sont nécessaires :

- un expérimentaliste présent dans la salle du serveur et veillant au bon fonctionnement du parc informatique installé ; cette personne sera par ailleurs régulièrement sollicité au cours d'une session expérimentale (voir ci-dessous la description du déroulement d'une session) ;
- 2 moniteurs : un moniteur est un membre de l'équipe des expérimentalistes.

Annexe 2 : instructions du pilote sur la valeur d'option

2.1. Information nulle

Instructions

Bienvenue

L'expérience à laquelle vous allez participer est destinée à l'étude des prises de décision dans le cadre de choix de transport. Les instructions sont simples. En les suivant scrupuleusement et en prenant les bonnes décisions, vous pourrez gagner une somme d'argent non négligeable. Ce gain dépendra de la pertinence de vos décisions et du hasard. Vos réponses seront traitées de façon anonyme. Vous indiquerez vos choix à l'ordinateur devant lequel vous êtes assis et celui-ci vous communiquera vos résultats et vos gains, en points, réalisés au fur et à mesure du déroulement de l'expérience.

A la fin de l'expérience, les points gagnés seront convertis en francs et la somme totale vous sera remise en liquide. La procédure de conversion des points en francs est détaillée à la fin des instructions.

Après la lecture par tous les joueurs de ce présent document, une personne procédera à la lecture des instructions à voix haute. Cette personne, qui a été choisie au hasard parmi les participants, observera également le déroulement des procédures pour s'assurer du respect des instructions. Elle recevra une somme d'argent égale au gain maximal perçu durant l'expérience.

Cadre général de l'expérience

L'expérience comporte 15 jeux. A chaque jeu, votre objectif est, partant d'un point A, d'atteindre un point B à une heure donnée (appelée **heure objectif** par la suite). Pour réaliser cet objectif, vous devez choisir un itinéraire de transport **et** une heure de départ en A. Suivant l'itinéraire choisi, vous mettrez un certain temps pour arriver en B. Ce temps de parcours dépend de l'importance du trafic sur l'itinéraire que vous avez choisi. Plus le trafic est élevé sur l'itinéraire choisi et plus vous mettrez de temps pour atteindre le point B. Les différents niveaux de trafic auxquels sont soumis les itinéraires dépendent du hasard : ils sont tirés au sort, à chaque jeu, par l'ordinateur. Votre heure d'arrivée en B dépend donc de votre choix d'itinéraire, de votre choix d'heure de départ et du niveau de trafic que vous aurez rencontré sur l'itinéraire choisi.

Chaque jeu est subdivisé en 2 phases. A chaque phase, vous pouvez être amené à prendre une décision. Dans la première phase, votre choix se fait entre deux itinéraires possibles : un **itinéraire lent et gratuit**, appelé **itinéraire L**, et un **itinéraire rapide et payant**, appelé **itinéraire R**. Votre choix d'itinéraire s'accompagne d'un choix d'heure de départ du point A. Si vous avez choisi l'itinéraire lent et gratuit lors de la première phase, vous pouvez modifier votre choix d'itinéraire dans la seconde phase. Ainsi, dans la seconde phase, soit vous restez sur l'itinéraire lent et gratuit, soit vous optez pour l'itinéraire rapide et payant. Dans le cas où vous avez choisi l'itinéraire rapide et payant en première phase, il n'est pas possible d'opter

Merci de ne pas écrire sur les feuilles d'instructions, une feuille de brouillon est agrafée à la fin de celles-ci. (IN15)

pour l'itinéraire lent et gratuit dans la seconde phase ; vous devez rester sur l'itinéraire rapide et payant.

A chaque jeu, votre gain dépend du temps que vous avez mis pour atteindre B en partant de A et de votre heure d'arrivée en B. D'une part, plus votre temps de transport est long, moins vous gagnez. D'autre part, plus votre heure d'arrivée est éloignée de l'heure objectif, moins vous gagnez. Enfin, pour une même différence de temps par rapport à l'heure objectif, votre gain est plus faible dans le cas où vous arrivez en retard que dans le cas où vous arrivez en avance. Ainsi, la pénalité que vous subissez lorsque vous arrivez avec 1 heure de retard par rapport à l'heure objectif est plus grande que la pénalité que vous subissez lorsque vous arrivez avec 1 heure d'avance. Par contre, la pénalité que vous subissez lorsque vous arrivez avec 1 heure de retard par rapport à l'heure objectif est moins grande que la pénalité que vous subissez lorsque vous arrivez avec 2 heures d'avance.

En résumé, pour un même temps de transport, le gain le plus important est obtenu en arrivant à l'heure objectif au point B. Dans le cas où vous arrivez au point B à l'heure objectif, le gain le plus important est obtenu pour le temps de transport le plus court.

La suite des instructions précise le déroulement d'un jeu.

Déroulement d'un jeu

Chaque jeu se déroule de la manière suivante :

- dans la première phase, vous faites le choix de votre itinéraire et de votre heure de départ ;
- dans la deuxième phase :
 - soit vous avez choisi l'**itinéraire lent et gratuit (itinéraire L)** en phase 1 ; dans ce cas, vous pouvez changer d'itinéraire, c'est-à-dire choisir l'**itinéraire rapide et payant (itinéraire R)** pour la phase 2, ou ne pas changer d'itinéraire, c'est-à-dire rester sur l'**itinéraire L** pour la phase 2.
 - soit vous avez choisi l'**itinéraire R** en phase 1 ; dans ce cas, vous devez rester sur cet **itinéraire rapide et payant** pour la phase 2.

L'heure objectif est 8h00.

Les deux itinéraires L et R sont susceptibles d'être soumis à différents niveaux de trafic appelés aussi niveaux de congestion. En fait, il existe quatre niveaux de trafic possibles sur les 2 itinéraires R et L :

- un niveau de trafic **fluide** qui entraîne un temps de transport très court ;
- un niveau de **faible congestion** du trafic qui entraîne un temps de transport court ;
- un niveau de **moyenne congestion** du trafic qui entraîne un temps de transport moyen ;
- un niveau de **forte congestion** du trafic qui entraîne un temps de transport long.

La phase 1 :

- 1) Vous choisissez entre l'**itinéraire R** ou l'**itinéraire L**.

Merci de ne pas écrire sur les feuilles d'instructions, une feuille de brouillon est agrafée à la fin de celles-ci. (IN15)

L'**itinéraire R** est un **itinéraire rapide**. Pour emprunter l'**itinéraire R**, vous devez acquitter un **droit d'accès** de **15 points**.

L'**itinéraire L** est un **itinéraire lent**. Pour emprunter l'**itinéraire L**, vous n'avez pas de droit d'accès à acquitter ; le **droit d'accès** est **nul** pour emprunter l'**itinéraire L**.

2) Vous choisissez votre heure de départ depuis A.

Vous avez le choix entre 4 heures de départ possibles : **1h00**, **2h00**, **3h00** et **4h00**.

La phase 2 commence alors.

La phase 2 :

Les choix d'itinéraire, qui vous sont offerts en phase 2, dépendent du choix effectué lors de la phase 1 du jeu. Par contre, quel que soit votre choix d'itinéraire en phase 1, **vous ne pouvez pas changer d'heure de départ.**

1) **Si vous avez choisi l'itinéraire R en phase 1.**

Le jeu est terminé pour vous puisque vous devez rester sur cet **itinéraire R** lors la phase 2. Vous n'avez pas de droit d'accès supplémentaire à acquitter pour rester sur l'**itinéraire R**. Votre **temps de transport** pour l'ensemble des deux phases est déterminé par le **niveau de congestion** sur l'**itinéraire R**, tiré au sort en fin de phase 2. Ainsi, votre temps de transport sera de :

- 1 heure** dans le cas d'un **trafic fluide** sur l'**itinéraire R**,
- 3 heures** dans le cas d'une **faible congestion** sur l'**itinéraire R**,
- 5 heures** dans le cas d'une **moyenne congestion** sur l'**itinéraire R**,
- 7 heures** dans le cas d'une **forte congestion** sur l'**itinéraire R**.

2) **Si vous avez choisi l'itinéraire L en phase 1.**

Vous avez la possibilité de changer d'itinéraire au début de la phase 2. Ainsi, soit vous restez sur l'**itinéraire L** soit vous optez pour l'**itinéraire R**.

Si vous décidez de retenir l'**itinéraire R** lors de la phase 2, votre **temps de transport** du point A au point B, c'est-à-dire pour l'ensemble des deux phases, est déterminé par le **niveau de congestion** sur l'**itinéraire R**, tiré au sort à la fin de la phase 2. Ainsi, votre temps de transport sera de :

- 2 heures et 30 minutes** dans le cas d'une **trafic fluide** sur l'**itinéraire R**,
- 7 heures et 30 minutes** dans le cas d'une **faible congestion** sur l'**itinéraire R**,
- 12 heures et 30 minutes** dans le cas d'une **moyenne congestion** sur l'**itinéraire R**,
- 17 heures et 30 minutes** dans le cas d'une **forte congestion** sur l'**itinéraire R**.

Par ailleurs, vous devez acquitter un **droit d'accès de 6 points** si vous décidez de retenir l'**itinéraire R** lors de la phase 2.

Si vous choisissez de rester sur l'**itinéraire L** choisi en phase 1, votre **temps de transport** pour l'ensemble des deux phases est déterminé par le **niveau de congestion** sur l'**itinéraire L**, tiré au sort à la fin de la phase 2. Ainsi, votre temps de transport sera de :

- 5 heures** dans le cas d'une **trafic fluide** sur l'**itinéraire L**,
- 10 heures** dans le cas d'une **faible congestion** sur l'**itinéraire L**,
- 15 heures** dans le cas d'une **moyenne congestion** sur l'**itinéraire L**,
- 20 heures** dans le cas d'une **forte congestion** sur l'**itinéraire L**.

En résumé, pour connaître votre **temps de transport** sur l'ensemble des deux phases d'un jeu, il vous faut connaître le **niveau du trafic sur l'itinéraire choisi en phase 2**. Les quatre niveaux du trafic ont chacun une chance sur quatre d'être tiré au sort. Il y a **deux tirages au sort indépendants**, celui qui concerne le **niveau du trafic** sur l'**itinéraire R** et celui qui

Merci de ne pas écrire sur les feuilles d'instructions, une feuille de brouillon est agrafée à la fin de celles-ci. (IN15)

concerne le **niveau du trafic** sur l'**itinéraire L**. Comme les tirages sont indépendants, le tirage au sort du niveau du trafic sur l'**itinéraire L** n'est en rien lié au tirage au sort du niveau du trafic sur l'**itinéraire R**. L'ordinateur tire au sort les différents niveaux du trafic après que vous lui ayez indiqué vos choix d'itinéraire pour les 2 phases et votre heure de départ. Vous verrez directement apparaître à l'écran le niveau de congestion sur l'**itinéraire R** et le niveau de congestion sur l'**itinéraire L**.

Une fois les tirages au sort effectués, l'ordinateur détermine votre heure d'arrivée au point B. Votre **heure d'arrivée** au point B est égale à la **somme** de votre **heure de départ** et de votre **temps de transport**. Vos résultats sont alors affichés à l'écran : l'ordinateur vous rappelle l'itinéraire et l'heure de départ retenus, le niveau du trafic sur les 2 itinéraires (le niveau du trafic sur l'itinéraire non pertinent pour la détermination de votre temps de transport apparaît en grisé), et votre heure d'arrivée. Enfin, l'ordinateur vous indique votre gain, qui est fonction de votre temps de transport et de la différence éventuelle entre votre heure d'arrivée et l'heure objectif (8h00).

La suite des instructions précise le montant de vos gains en fonction de vos choix d'itinéraire, du choix de votre heure de départ et du niveau du trafic sur l'itinéraire choisi en phase 2.

Les gains

Les gains, auxquels les **éventuels droits d'accès** ont déjà été retranchés, sont donnés dans les 4 tableaux suivants (1 tableau par heure de départ). La 1^{ère} colonne de chaque tableau énumère les trois choix d'itinéraire possibles sur les 2 phases : **itinéraire R** en phase 1 et 2 (**droit d'accès de 15 points**), **itinéraire L** en phase 1 et 2 (**aucun droit d'accès**) ou **itinéraire L** en phase 1 et **itinéraire R** en phase 2 (**droit d'accès de 6 points**). La 2^{ème} colonne de chaque tableau donne l'heure d'arrivée ainsi que le gain en points lorsque le niveau du trafic sur l'itinéraire de phase 2 est fluide ; ces deux données dépendent bien entendu du choix d'itinéraire effectué pour les deux phases. La 3^{ème} colonne donne l'heure d'arrivée ainsi que le gain en points lorsque le niveau de congestion sur l'itinéraire de phase 2 est faible ; ces deux données dépendent bien entendu du choix d'itinéraire effectué pour les deux phases. La 4^{ème} colonne donne l'heure d'arrivée ainsi que le gain en points lorsque le niveau de congestion sur l'itinéraire de phase 2 est moyen ; ces deux données dépendent bien entendu du choix d'itinéraire effectué pour les deux phases. Enfin, la 5^{ème} colonne de chaque tableau donne l'heure d'arrivée ainsi que le gain en points lorsque le niveau de congestion sur l'itinéraire de phase 2 est fort ; ces deux données dépendent bien entendu du choix d'itinéraire effectué pour les deux phases.

Heure de départ : 1h00

	Fluide	Faible congestion	Moyenne congestion	Forte congestion
R en phase 1 R en phase 2	<i>Arrivée : 2h00</i> Gain : 45 points	<i>Arrivée : 4h00</i> Gain : 47 points	<i>Arrivée : 6h00</i> Gain : 49 points	<i>Arrivée : 8h00</i> Gain : 51 points
L en phase 1 L en phase 2	<i>Arrivée : 6h00</i> Gain : 64 points	<i>Arrivée : 11h00</i> Gain : 55 points	<i>Arrivée : 16h00</i> Gain : 37 points	<i>Arrivée : 21h00</i> Gain : 19 points

Merci de ne pas écrire sur les feuilles d'instructions, une feuille de brouillon est agrafée à la fin de celles-ci. (IN15)

L en phase 1	<i>Arrivée : 3h30</i>	<i>Arrivée : 8h30</i>	<i>Arrivée : 13h30</i>	<i>Arrivée : 18h30</i>
R en phase 2	Gain : 56 points	Gain : 58 points	Gain : 40 points	Gain : 22 points

Heure de départ : 2h00

	Fluide	Faible congestion	Moyenne congestion	Forte congestion
R en phase 1	<i>Arrivée : 3h00</i>	<i>Arrivée : 5h00</i>	<i>Arrivée : 7h00</i>	<i>Arrivée : 9h00</i>
R en phase 2	Gain : 47 points	Gain : 49 points	Gain : 51 points	Gain : 48 points
L en phase 1	<i>Arrivée : 7h00</i>	<i>Arrivée : 12h00</i>	<i>Arrivée : 17h00</i>	<i>Arrivée : 22h00</i>
L en phase 2	Gain : 66 points	Gain : 52 points	Gain : 34 points	Gain : 16 points
L en phase 1	<i>Arrivée : 4h30</i>	<i>Arrivée : 9h30</i>	<i>Arrivée : 14h30</i>	<i>Arrivée : 19h30</i>
R en phase 2	Gain : 57 points	Gain : 55 points	Gain : 37 points	Gain : 19 points

Heure de départ : 3h00

	Fluide	Faible congestion	Moyenne congestion	Forte congestion
R en phase 1	<i>Arrivée : 4h00</i>	<i>Arrivée : 6h00</i>	<i>Arrivée : 8h00</i>	<i>Arrivée : 10h00</i>
R en phase 2	Gain : 49 points	Gain : 51 points	Gain : 53 points	Gain : 45 points
L en phase 1	<i>Arrivée : 8h00</i>	<i>Arrivée : 13h00</i>	<i>Arrivée : 18h00</i>	<i>Arrivée : 23h00</i>
L en phase 2	Gain : 68 points	Gain : 50 points	Gain : 32 points	Gain : 14 points
L en phase 1	<i>Arrivée : 5h30</i>	<i>Arrivée : 10h30</i>	<i>Arrivée : 15h30</i>	<i>Arrivée : 20h30</i>
R en phase 2	Gain : 59 points	Gain : 53 points	Gain : 35 points	Gain : 17 points

Heure de départ : 4h00

	Fluide	Faible congestion	Moyenne congestion	Forte congestion
R en phase 1	<i>Arrivée : 5h00</i>	<i>Arrivée : 7h00</i>	<i>Arrivée : 9h00</i>	<i>Arrivée : 11h00</i>
R en phase 2	Gain : 51 points	Gain : 53 points	Gain : 50 points	Gain : 43 points
L en phase 1	<i>Arrivée : 9h00</i>	<i>Arrivée : 14h00</i>	<i>Arrivée : 19h00</i>	<i>Arrivée : 24h00</i>
L en phase 2	Gain : 65 points	Gain : 47 points	Gain : 29 points	Gain : 11 points
L en phase 1	<i>Arrivée : 6h30</i>	<i>Arrivée : 11h30</i>	<i>Arrivée : 16h30</i>	<i>Arrivée : 21h30</i>
R en phase 2	Gain : 61 points	Gain : 50 points	Gain : 32 points	Gain : 14 points

Récapitulatif

A chaque jeu, vous devez, partant d'un point A, atteindre un point B à l'**heure objectif**. Lors de la phase 1, vous faites le choix d'un itinéraire de transport entre un **itinéraire R rapide et payant (droit d'accès de 15 points)**, et un **itinéraire L lent et gratuit**. Vous devez, toujours dans cette phase 1, choisir une heure de départ en A parmi 4 heures de départ possibles (1h00, 2h00, 3h00 et 4h00).

Merci de ne pas écrire sur les feuilles d'instructions, une feuille de brouillon est agrafée à la fin de celles-ci. (IN15)

Lors de la phase 2, les choix d'itinéraire qui vous sont offerts dépendent du choix effectué lors de la phase 1 du jeu. **Vous ne pouvez pas changer d'heure de départ.** Si vous avez choisi l'**itinéraire L** dans la phase 1, vous pouvez soit rester sur cet itinéraire pour la phase 2, soit choisir de changer d'itinéraire et opter pour l'**itinéraire R (droit d'accès de 6 points)**. Si vous avez choisi l'**itinéraire R** dans la phase 1, vous devez rester sur cet itinéraire lors de la phase 2.

A l'issue de la phase 2, le niveau de congestion sur l'**itinéraire R** et le niveau de congestion sur l'**itinéraire L** sont tirés au sort par l'ordinateur. Vous êtes directement informés de ces niveaux du trafic dont dépendra votre temps de transport pour aller de A en B.

A la fin du jeu, l'ordinateur vous rappelle vos choix d'itinéraire en phase 1 et 2, votre choix d'heure de départ, le montant du droit d'accès que vous avez acquitté si vous avez emprunté l'**itinéraire R, en phase 1 (droit d'accès de 15 points) ou en phase 2 (droit d'accès de 6 points)**, le niveau du trafic sur l'itinéraire R et le niveau du trafic sur l'itinéraire L.

L'ordinateur vous informe enfin de votre heure d'arrivée en B et de votre gain, en points, pour ce jeu.

Les points gagnés au cours des différents jeux de l'expérience s'additionnent et sont convertis, à la fin de l'expérience, en francs. Le taux de conversion est de 95 francs pour 1000 points.

Avant de démarrer l'expérience, vous répondrez à un petit questionnaire posé par l'ordinateur afin de vérifier votre bonne compréhension des instructions. Puis, nous procéderons à deux jeux « essais ». Les gains perçus à l'occasion de ces jeux « essais » ne seront pas pris en considération dans la somme de vos gains finaux.

Bonne chance !

Utilisation de l'ordinateur

Pendant l'expérience, vous avez la possibilité de faire appel à l'option « HISTORIQUE » qui est un tableau récapitulatif de vos gains des périodes précédentes, des choix que vous avez effectués et des états du trafic qui ont été observés. Pour visualiser ce tableau cliquez sur le bouton « HISTORIQUE ».

La fenêtre résumé de la situation vous indique votre gain cumulé sur l'ensemble des jeux et le numéro du jeu en cours.

Le cadre de décision indique la phase du jeu en cours.

Indiquez votre choix d'itinéraire R (itinéraire rapide et payant) ou L (itinéraire lent et gratuit) en cliquant sur le bouton approprié. Indiquez votre choix d'heure de départ en choisissant une heure parmi les 4 possibles.

N'oubliez pas de valider votre choix !

HISTORIQUE

Résumé de la situation
Paiement Cumulé points Jeu n°

Cadre de décision: Phase 1

Droit d'accès à l'itinéraire R: p1 = points
Choix d'itinéraire pour la phase 1:

Choix de l'heure de départ

Pour valider vos choix, cliquez sur OK

Merci de ne pas écrire sur les feuilles d'instructions, une feuille de brouillon est agrafée à la fin de celles-ci. (IN15)

Feuille de commentaires

Veillez justifier, de la manière la plus détaillée possible, vos choix effectués lors des différents jeux de l'expérience. Par ailleurs, des commentaires concernant les instructions ainsi que le déroulement de l'expérience sont vivement souhaités.

Merci de ne pas écrire sur les feuilles d'instructions, une feuille de brouillon est agrafée à la fin de celles-ci. (IN15)

Feuille de brouillon

2.2. Information parfaite

Instructions

Bienvenue

L'expérience à laquelle vous allez participer est destinée à l'étude des prises de décision dans le cadre de choix de transport. Les instructions sont simples. En les suivant scrupuleusement et en prenant les bonnes décisions, vous pourrez gagner une somme d'argent non négligeable. Ce gain dépendra de la pertinence de vos décisions et du hasard. Vos réponses seront traitées de façon anonyme. Vous indiquerez vos choix à l'ordinateur devant lequel vous êtes assis et celui-ci vous communiquera vos résultats et vos gains, en points, réalisés au fur et à mesure du déroulement de l'expérience.

A la fin de l'expérience, les points gagnés seront convertis en francs et la somme totale vous sera remise en liquide. La procédure de conversion des points en francs est détaillée à la fin des instructions.

Après la lecture par tous les joueurs de ce présent document, une personne procédera à la lecture des instructions à voix haute. Cette personne, qui a été choisie au hasard parmi les participants, observera également le déroulement des procédures pour s'assurer du respect des instructions. Elle recevra une somme d'argent égale au gain maximal perçu durant l'expérience.

Cadre général de l'expérience

L'expérience comporte 15 jeux. A chaque jeu, votre objectif est, partant d'un point A, d'atteindre un point B à une heure donnée (appelée **heure objectif** par la suite). Pour réaliser cet objectif, vous devez choisir un itinéraire de transport et une heure de départ en A. Suivant l'itinéraire choisi, vous mettrez un certain temps pour arriver en B. Ce temps de parcours dépend de l'importance du trafic sur l'itinéraire que vous avez choisi. Plus le trafic est élevé sur l'itinéraire choisi et plus vous mettrez de temps pour atteindre le point B. Les différents niveaux de trafic auxquels sont soumis les itinéraires dépendent du hasard : ils sont tirés au sort, à chaque jeu, par l'ordinateur. Votre heure d'arrivée en B dépend donc de votre choix d'itinéraire, de votre choix d'heure de départ et du niveau de trafic que vous aurez rencontré sur l'itinéraire choisi.

Chaque jeu est subdivisé en 2 phases. A chaque phase, vous pouvez être amené à prendre une décision. Dans la première phase, votre choix se fait entre deux itinéraires possibles : un **itinéraire lent et gratuit**, appelé **itinéraire L**, et un **itinéraire rapide et payant**, appelé **itinéraire R**. Votre choix d'itinéraire s'accompagne d'un choix d'heure de départ du point A. Si vous avez choisi l'itinéraire lent et gratuit lors de la première phase, vous pouvez modifier votre choix d'itinéraire dans la seconde phase. Ainsi, dans la seconde phase, soit vous restez sur l'itinéraire lent et gratuit, soit vous optez pour l'itinéraire rapide et payant. Dans le cas où vous avez choisi l'itinéraire rapide et payant en première phase, il n'est pas possible d'opter pour l'itinéraire lent et gratuit dans la seconde phase ; vous devez rester sur l'itinéraire rapide et payant.

A chaque jeu, votre gain dépend du temps que vous avez mis pour atteindre B en partant de A et de votre heure d'arrivée en B. D'une part, plus votre temps de transport est long, moins vous gagnez. D'autre part, plus votre heure d'arrivée est éloignée de l'heure objectif, moins vous gagnez. Enfin, pour une même différence de temps par rapport à l'heure objectif, votre gain est plus faible dans le cas où vous arrivez en retard que dans le cas où vous arrivez en avance. Ainsi, la pénalité que vous subissez lorsque vous arrivez avec 1 heure de retard par rapport à l'heure objectif est plus grande que la pénalité que vous subissez lorsque vous arrivez avec 1 heure d'avance. Par contre, la pénalité que vous subissez

Merci de ne pas écrire sur les feuilles d'instructions, une feuille de brouillon est agrafée à la fin de celles-ci. (IP15)

lorsque vous arrivez avec 1 heure de retard par rapport à l'heure objectif est moins grande que la pénalité que vous subissez lorsque vous arrivez avec 2 heures d'avance.

En résumé, pour un même temps de transport, le gain le plus important est obtenu en arrivant à l'heure objectif au point B. Dans le cas où vous arrivez au point B à l'heure objectif, le gain le plus important est obtenu pour le temps de transport le plus court.

La suite des instructions précise le déroulement d'un jeu.

Déroulement d'un jeu

Chaque jeu se déroule de la manière suivante :

- dans la première phase, vous faites le choix de votre itinéraire **et** de votre heure de départ ;
- dans la deuxième phase :
 - soit vous avez choisi l'**itinéraire lent et gratuit (itinéraire L)** en phase 1 ; dans ce cas, vous pouvez changer d'itinéraire, c'est-à-dire choisir l'**itinéraire rapide et payant (itinéraire R)** pour la phase 2, ou ne pas changer d'itinéraire, c'est-à-dire rester sur l'**itinéraire L** pour la phase 2.
 - soit vous avez choisi l'**itinéraire R** en phase 1 ; dans ce cas, vous devez rester sur cet **itinéraire rapide et payant** pour la phase 2.

L'heure objectif est 8h00 .

La phase 1 :

1) Vous choisissez entre l'itinéraire R ou l'itinéraire L.

L'**itinéraire R** est un **itinéraire rapide**. Pour emprunter l'**itinéraire R**, vous devez acquitter un **droit d'accès de 15 points**.

L'**itinéraire L** est un **itinéraire lent**. Pour emprunter l'**itinéraire L**, vous n'avez pas de droit d'accès à acquitter ; le **droit d'accès est nul** pour emprunter l'**itinéraire L**.

2) Vous choisissez votre heure de départ depuis A.

Vous avez le choix entre 4 heures de départ possibles : **1h00, 2h00, 3h00** et **4h00**.

Les deux itinéraires L et R sont susceptibles d'être soumis à différents niveaux de trafic appelés aussi niveaux de congestion. En fait, il existe quatre niveaux de trafic possibles sur les 2 itinéraires R et L :

- un niveau de trafic **fluide** qui entraîne un temps de transport très court ;
- un niveau de **faible congestion** du trafic qui entraîne un temps de transport court ;
- un niveau de **moyenne congestion** du trafic qui entraîne un temps de transport moyen ;
- un niveau de **forte congestion** du trafic qui entraîne un temps de transport long.

Chaque niveau de trafic possible entraîne donc un temps de transport différent. Ces quatre niveaux ont chacun une chance sur quatre d'être tiré au sort. Il y a **deux tirages au sort indépendants**, celui qui concerne le **niveau du trafic** sur l'**itinéraire R** et celui qui concerne le **niveau du trafic** sur l'**itinéraire L**. Comme les tirages sont indépendants, le tirage au sort du niveau du trafic sur l'**itinéraire L** n'est en rien lié au tirage au sort du niveau du trafic sur l'**itinéraire R**. L'ordinateur tire au sort les différents niveaux du trafic après que vous lui ayez indiqué votre choix d'itinéraire et votre heure de départ. Vous verrez directement apparaître à l'écran le niveau de congestion sur l'**itinéraire R** et le niveau de congestion sur l'**itinéraire L**.

La phase 2 commence alors.

La phase 2 :

Les choix d'itinéraire, qui vous sont offerts en phase 2, dépendent du choix effectué lors de la phase 1 du jeu. Par contre, quel que soit votre choix d'itinéraire en phase 1, **vous ne pouvez pas changer d'heure de départ.**

1) **Si vous avez choisi l'itinéraire R en phase 1.**

Le jeu est terminé pour vous puisque vous devez rester sur cet **itinéraire R** lors la phase 2. Vous n'avez pas de droit d'accès supplémentaire à acquitter pour rester sur l'**itinéraire R**. Votre **temps de transport** pour l'ensemble des deux phases est déterminé par le **niveau de congestion** sur l'**itinéraire R**, tiré au sort en fin de phase 1. Ainsi, votre temps de transport sera de :

- 1 heure** dans le cas d'un **trafic fluide** sur l'**itinéraire R**,
- 3 heures** dans le cas d'une **faible congestion** sur l'**itinéraire R**,
- 5 heures** dans le cas d'une **moyenne congestion** sur l'**itinéraire R**,
- 7 heures** dans le cas d'une **forte congestion** sur l'**itinéraire R**.

2) **Si vous avez choisi l'itinéraire L en phase 1.**

Vous avez la possibilité de changer d'itinéraire au début de la phase 2. Ainsi, soit vous restez sur l'**itinéraire L** soit vous optez pour l'**itinéraire R**.

Si vous décidez de retenir l'**itinéraire R** lors de la phase 2, votre **temps de transport** du point A au point B, c'est-à-dire pour l'ensemble des deux phases, est déterminé par le **niveau de congestion** sur l'**itinéraire R**, tiré au sort à la fin de la phase 1. Ainsi, votre temps de transport sera de :

- 2 heures et 30 minutes** dans le cas d'une **trafic fluide** sur l'**itinéraire R**,
- 7 heures et 30 minutes** dans le cas d'une **faible congestion** sur l'**itinéraire R**,
- 12 heures et 30 minutes** dans le cas d'une **moyenne congestion** sur l'**itinéraire R**,
- 17 heures et 30 minutes** dans le cas d'une **forte congestion** sur l'**itinéraire R**.

Par ailleurs, vous devez acquitter un **droit d'accès** de **6 points** si vous décidez de retenir l'**itinéraire R** lors de la phase 2.

Si vous choisissez de rester sur l'**itinéraire L** choisi en phase 1, votre **temps de transport** pour l'ensemble des deux phases est déterminé par le **niveau de congestion** sur l'**itinéraire L**, tiré au sort à la fin de la phase 1. Ainsi, votre temps de transport sera de :

- 5 heures** dans le cas d'une **trafic fluide** sur l'**itinéraire L**,
- 10 heures** dans le cas d'une **faible congestion** sur l'**itinéraire L**,
- 15 heures** dans le cas d'une **moyenne congestion** sur l'**itinéraire L**,
- 20 heures** dans le cas d'une **forte congestion** sur l'**itinéraire L**.

En résumé, pour connaître votre **temps de transport** sur l'ensemble des deux phases d'un jeu, il vous faut connaître le **niveau du trafic sur l'itinéraire choisi en phase 2**.

Une fois votre choix effectué en phase 2, l'ordinateur détermine votre heure d'arrivée au point B. Votre **heure d'arrivée** au point B est égale à la **somme** de votre **heure de départ** et de votre **temps de transport**. Vos résultats sont alors affichés à l'écran : l'ordinateur vous rappelle l'itinéraire et l'heure de départ retenus, le niveau du trafic sur les 2 itinéraires (le niveau du trafic sur l'itinéraire non pertinent pour la détermination de votre temps de transport apparaît en grisé), et votre heure d'arrivée. Enfin, l'ordinateur vous indique votre gain, qui est fonction de votre temps de transport et de la différence éventuelle entre votre heure d'arrivée et l'heure objectif (8h00).

Merci de ne pas écrire sur les feuilles d'instructions, une feuille de brouillon est agrafée à la fin de celles-ci. (IP15)

La suite des instructions précise le montant de vos gains en fonction de vos choix d'itinéraire, du choix de votre heure de départ et du niveau du trafic sur l'itinéraire choisi en phase 2.

Les gains

Les gains, auxquels les éventuels droits d'accès ont déjà été retranchés, sont donnés dans les 4 tableaux suivants (1 tableau par heure de départ). La 1^{ère} colonne de chaque tableau énumère les trois choix d'itinéraire possibles sur les 2 phases : **itinéraire R** en phase 1 et 2 (**droit d'accès de 15 points**), **itinéraire L** en phase 1 et 2 (**aucun droit d'accès**) ou **itinéraire L** en phase 1 et **itinéraire R** en phase 2 (**droit d'accès de 6 points**). La 2^{ème} colonne de chaque tableau donne l'heure d'arrivée ainsi que le gain en points lorsque le niveau du trafic sur l'itinéraire de phase 2 est fluide ; ces deux données dépendent bien entendu du choix d'itinéraire effectué pour les deux phases. La 3^{ème} colonne donne l'heure d'arrivée ainsi que le gain en points lorsque le niveau de congestion sur l'itinéraire de phase 2 est faible ; ces deux données dépendent bien entendu du choix d'itinéraire effectué pour les deux phases. La 4^{ème} colonne donne l'heure d'arrivée ainsi que le gain en points lorsque le niveau de congestion sur l'itinéraire de phase 2 est moyen ; ces deux données dépendent bien entendu du choix d'itinéraire effectué pour les deux phases. Enfin, la 5^{ème} colonne de chaque tableau donne l'heure d'arrivée ainsi que le gain en points lorsque le niveau de congestion sur l'itinéraire de phase 2 est fort ; ces deux données dépendent bien entendu du choix d'itinéraire effectué pour les deux phases.

Heure de départ : 1h00

	Fluide	Faible congestion	Moyenne congestion	Forte congestion
R en phase1 R en phase 2	<i>Arrivée : 2h00</i> Gain : 45 points	<i>Arrivée : 4h00</i> Gain : 47 points	<i>Arrivée : 6h00</i> Gain : 49 points	<i>Arrivée : 8h00</i> Gain : 51 points
L en phase 1 L en phase 2	<i>Arrivée : 6h00</i> Gain : 64 points	<i>Arrivée : 11h00</i> Gain : 55 points	<i>Arrivée : 16h00</i> Gain : 37 points	<i>Arrivée : 21h00</i> Gain : 19 points
L en phase 1 R en phase 2	<i>Arrivée : 3h30</i> Gain : 56 points	<i>Arrivée : 8h30</i> Gain : 58 points	<i>Arrivée : 13h30</i> Gain : 40 points	<i>Arrivée : 18h30</i> Gain : 22 points

Merci de ne pas écrire sur les feuilles d'instructions, une feuille de brouillon est agrafée à la fin de celles-ci. (IP15)

Heure de départ : 2h00

	Fluide	Faible congestion	Moyenne congestion	Fort congestion
R en phase 1 R en phase 2	<i>Arrivée : 3h00</i> Gain : 47 points	<i>Arrivée : 5h00</i> Gain : 49 points	<i>Arrivée : 7h00</i> Gain : 51 points	<i>Arrivée : 9h00</i> Gain : 48 points
L en phase 1 L en phase 2	<i>Arrivée : 7h00</i> Gain : 66 points	<i>Arrivée : 12h00</i> Gain : 52 points	<i>Arrivée : 17h00</i> Gain : 34 points	<i>Arrivée : 22h00</i> Gain : 16 points
L en phase 1 R en phase 2	<i>Arrivée : 4h30</i> Gain : 57 points	<i>Arrivée : 9h30</i> Gain : 55 points	<i>Arrivée : 14h30</i> Gain : 37 points	<i>Arrivée : 19h30</i> Gain : 19 points

Heure de départ : 3h00

	Fluide	Faible congestion	Moyenne congestion	Fort congestion
R en phase 1 R en phase 2	<i>Arrivée : 4h00</i> Gain : 49 points	<i>Arrivée : 6h00</i> Gain : 51 points	<i>Arrivée : 8h00</i> Gain : 53 points	<i>Arrivée : 10h00</i> Gain : 45 points
L en phase 1 L en phase 2	<i>Arrivée : 8h00</i> Gain : 68 points	<i>Arrivée : 13h00</i> Gain : 50 points	<i>Arrivée : 18h00</i> Gain : 32 points	<i>Arrivée : 23h00</i> Gain : 14 points
L en phase 1 R en phase 2	<i>Arrivée : 5h30</i> Gain : 59 points	<i>Arrivée : 10h30</i> Gain : 53 points	<i>Arrivée : 15h30</i> Gain : 35 points	<i>Arrivée : 20h30</i> Gain : 17 points

Heure de départ : 4h00

	Fluide	Faible congestion	Moyenne congestion	Fort congestion
R en phase 1 R en phase 2	<i>Arrivée : 5h00</i> Gain : 51 points	<i>Arrivée : 7h00</i> Gain : 53 points	<i>Arrivée : 9h00</i> Gain : 50 points	<i>Arrivée : 11h00</i> Gain : 43 points
L en phase 1 L en phase 2	<i>Arrivée : 9h00</i> Gain : 65 points	<i>Arrivée : 14h00</i> Gain : 47 points	<i>Arrivée : 19h00</i> Gain : 29 points	<i>Arrivée : 24h00</i> Gain : 11 points
L en phase 1 R en phase 2	<i>Arrivée : 6h30</i> Gain : 61 points	<i>Arrivée : 11h30</i> Gain : 50 points	<i>Arrivée : 16h30</i> Gain : 32 points	<i>Arrivée : 21h30</i> Gain : 14 points

Récapitulatif

A chaque jeu, vous devez, partant d'un point A, atteindre un point B à l'heure objectif. Lors de la phase 1, vous faites le choix d'un itinéraire de transport entre un itinéraire **R rapide et payant (droit d'accès de 15 points)**, et un itinéraire **L lent et gratuit**. Vous devez, toujours dans cette phase 1, choisir une heure de départ en A parmi 4 heures de départ possibles (1h00, 2h00, 3h00 et 4h00).

A l'issue de la phase 1, le niveau de congestion sur l'itinéraire **R** et le niveau de congestion sur l'itinéraire **L** sont tirés au sort par l'ordinateur. Vous êtes directement informés de ces niveaux du trafic dont dépendra votre temps de transport pour aller de A en B.

Lors de la phase 2, les choix d'itinéraire qui vous sont offerts dépendent du choix effectué lors de la phase 1 du jeu. **Vous ne pouvez pas changer d'heure de départ**. Si vous avez choisi l'itinéraire **L** dans la phase 1, vous pouvez soit rester sur cet itinéraire pour la phase 2, soit choisir de changer

Merci de ne pas écrire sur les feuilles d'instructions, une feuille de brouillon est agrafée à la fin de celles-ci. (IP15)

d'itinéraire et opter pour l'**itinéraire R (droit d'accès de 6 points)**. Si vous avez choisi l'**itinéraire R** dans la phase 1, vous devez rester sur cet itinéraire lors de la phase 2.

A la fin du jeu, l'ordinateur vous rappelle vos choix d'itinéraire en phase 1 et 2, votre choix d'heure de départ, le montant du droit d'accès que vous avez acquitté si vous avez emprunté l'**itinéraire R, en phase 1 (droit d'accès de 15 points)** ou **en phase 2 (droit d'accès de 6 points)**, le niveau du trafic sur l'itinéraire R et le niveau du trafic sur l'itinéraire L. L'ordinateur vous informe enfin de votre heure d'arrivée en B et de votre gain, en points, pour ce jeu.

Les points gagnés au cours des différents jeux de l'expérience s'additionnent et sont convertis, à la fin de l'expérience, en francs. Le taux de conversion est de 88 francs et 50 centimes pour 1000 points.

Avant de démarrer l'expérience, vous répondrez à un petit questionnaire posé par l'ordinateur afin de vérifier votre bonne compréhension des instructions. Puis, nous procéderons à deux jeux « essais ». Les gains perçus à l'occasion de ces jeux « essais » ne seront pas pris en considération dans la somme de vos gains finaux.

Bonne chance !

Utilisation de l'ordinateur

Pendant l'expérience, vous avez la possibilité de faire appel à l'option « HISTORIQUE » qui est un tableau récapitulatif de vos gains des périodes précédentes, des choix que vous avez effectués et des états du trafic qui ont été observés. Pour visualiser ce tableau cliquez sur le bouton « HISTORIQUE ».

La fenêtre résumé de la situation vous indique votre gain cumulé sur l'ensemble des jeux et le numéro du jeu en cours.

Le cadre de décision indique la phase du jeu en cours.

Indiquez votre choix d'itinéraire R (itinéraire rapide et payant) ou L (itinéraire lent et gratuit) en cliquant sur le bouton approprié. Indiquez votre choix d'heure de départ en choisissant une heure parmi les 4 possibles.

N'oubliez pas de valider votre choix !

HISTORIQUE

résumé de la situation

Paiement Cumulé points / Jeu n°

Cadre de décision: Phase 1

Droit d'accès à l'itinéraire R: p1 = points

Choix d'itinéraire pour la phase 1:

R L

Choix de l'heure de départ

1h00 2h00 3h00 4h00

Pour valider vos choix, cliquez sur OK

Feuille de commentaires

Veillez justifier, de la manière la plus détaillée possible, vos choix effectués lors des différents jeux de l'expérience. Par ailleurs, des commentaires concernant les instructions ainsi que le déroulement de l'expérience sont vivement souhaités.

Merci de ne pas écrire sur les feuilles d'instructions, une feuille de brouillon est agrafée à la fin de celles-ci. (IP15)

Feuille de brouillon

Table des matières

1. Introduction	3
1.1 <i>Evaluation des décisions publiques et prévision des choix individuels</i>	3
1.2 <i>Objectifs et méthodologie : quid d'une « économie des transports expérimentale » ?</i>	4
2. Choix de transport et économie expérimentale : une revue de la littérature	6
<i>Introduction de la partie 2</i>	6
2.1. <i>Méthodes de production de données en transport et économie expérimentale</i>	6
2.1.1. Calcul économique public et préférences individuelles	7
2.1.2. Méthodes de préférences déclarées et méthodes de préférences révélées	7
2.1.2.1 Premières définitions	7
2.1.2.2. Problèmes et limites de chaque méthode	8
2.1.2.2.1. Les méthodes de préférences déclarées	8
2.1.2.2.2. Les méthodes de préférences révélées	8
2.1.3. L'économie expérimentale appliquée aux choix de transport comme troisième voie	10
2.1.3.1 Eléments de définition de l'économie expérimentale	10
2.1.3.2. Les grands principes de l'expérimentation économique (Smith, 1982)	11
2.1.3.2.1. Un environnement simplifié et contrôlé	11
2.1.3.2.2. Une institution	11
2.1.3.2.3. Des comportements	11
2.1.3.3 Les objectifs de l'économie expérimentale	12
2.1.3.4 L'originalité de l'économie expérimentale par rapport aux préférences déclarées / révélées	12
Conclusion	12
2.2. <i>L'expérimentation en transport comme outil de production de données : la voie de la simulation</i>	13
2.2.1. Simulateurs de choix d'itinéraires	13
2.2.1.1 D'IGOR à VLADIMIR	13
2.2.1.2 Expériences, résultats et enseignements	14
2.2.1.3 Vers une validation des données collectées.	15
2.2.1.4 Commentaires conclusifs	15
2.2.2. Des expériences impliquant de vrais usagers interagissant dans un système de trafic simulé	16
2.2.2.1 Expériences utilisant des simulateurs « Simulation-supported experiments »	16
2.2.2.2 Résultats et enseignements tirés de ces expériences	17
2.2.2.3 Commentaires conclusifs	17
2.2.3 Conclusion	18
2.3. <i>Les développements récents de l'économie expérimentale dans les champs connexes de l'économie des transports</i>	18
2.3.1. Bref historique	19
2.3.2. Les expériences de marché	19
2.3.2.1. Le protocole type des expériences de marché	20

2.3.2.2. Marchés et mécanismes d'enchères	20
2.3.2.3. Application des jeux de marché	21
2.3.3. Expériences sur la théorie du choix en avenir incertain	22
2.3.3.1. les croyances peuvent-elles être assimilées à des probabilités ?	22
2.3.3.2. Les paradoxes de la théorie de l'utilité espérée (utilité et indépendance)	22
2.3.4. Les interactions stratégiques et la théorie des jeux	23
2.3.4.1. Biens publics	24
2.3.4.1.1. Expériences type de bien public et premiers résultats	24
2.3.4.1.2. Mécanismes incitatifs : consentement à payer pour un bien public ?	25
2.3.4.2. Ressources communes	26
2.3.4.2.1. Présentation des situations de type « ressources communes »	26
2.3.4.2.2. Résultats essentiels	26
2.3.4.3. Effets externes	27
Conclusion	27
2.4. L'économie expérimentale appliquée au transport	28
2.4.1 L'efficacité de l'allocation marchande et des choix de transport	28
2.4.2 Revue exhaustive des travaux d'économie expérimentale appliqués au transport	29
2.4.2.1 Jeux de marché	29
2.4.2.1.1 Applications au domaine de l'aérien	29
2.4.2.1.2 Applications aux licences d'exercice de services de taxi	30
2.4.2.1.3 Applications au marché du transport fluvial	32
2.4.2.1.4 Applications au marché des sillons ferroviaires	32
2.4.2.2 Théorie des jeux et théorie de la décision	34
Conclusion	37
Conclusion de la partie 2	37
3. Difficultés et perspectives du recours à l'économie expérimentale en économie des transports	38
Introduction de la partie 3	38
3.1. Les difficultés des expériences contextualisées : l'exemple de l'arbitrage congestion péage	39
3.1.1. Introduction : Y a-t-il une Valeur d'Option attachée au choix d'infrastructure flexible ?	39
3.1.2. Protocole expérimental	39
3.1.2.1. Modalités d'un jeu expérimental (généralités)	40
3.1.2.1.1. Le préalable à la réalisation d'une session expérimentale : la phase de recrutement des sujets	40
3.1.2.1.2. La session expérimentale	41
3.1.2.1.2.1. L'accueil des sujets (cette tâche nécessite au minimum deux moniteurs)	41
3.1.2.1.2.2. Déroulement de la session expérimentale	41
3.1.2.1.2.3. Fin de la session expérimentale	42
3.1.2.2. Conditions de réalisation du « prototype » (ou pilote)	43
3.1.3. Résultats théoriques et équilibres en choix individuels dans l'incertain	45
3.1.3.1. Notations et définitions	45
3.1.3.1.1. Les variables d'état	45
3.1.3.1.2. les variables de choix de transport	45
3.1.3.1.3. Les variables de résultats des choix	46
3.1.3.2. Choix optimaux en information « nulle »	46
3.1.3.3. Choix optimal en information parfaite	47

3.1.4. Résultats empiriques d'un pilote et confrontation avec les prédictions théoriques du modèle	49
3.1.4.1. Quelques éléments sur le déroulement matériel du pilote	49
3.1.4.2. Choix d'itinéraires et d'heures de départ	50
3.1.4.3. Confrontation avec les prédictions théoriques du modèle	51
3.1.4.3.1 Les traitements information nulle et information parfaite $p_1=5$	52
3.1.4.3.2 Les traitements en information nulle et en information parfaite, $p_1=15$	54
3.1.4.4. Confrontation avec les prédictions théoriques du modèle	57
3.1.4.4.1. Pour le niveau de péage $p_1=5$	57
3.1.4.4.1.1. Optimalité forte	57
3.1.4.4.1.2. Optimalité faible	58
3.1.4.4.2. Pour le niveau de péage $p_1 = 15$	58
3.1.4.4.2.1. Optimalité forte	58
3.1.4.4.2.2. Optimalité faible	59
Conclusion	59
3.2. Les potentialités de l'économie expérimentale en économie des transports : quel programme de recherche pour les années à venir ?	60
3.2.1. Enjeux scientifiques et techniques du projet d'économie des transports expérimentale	60
3.2.2. Nature et contenu du programme de recherche : des jeux d'entrée des individus dans le système de transport	61
3.2.2.1. Modélisation	61
3.2.2.2. Expérimentation	62
Conclusion de la partie 3	65
4. Conclusion générale	67
Références bibliographiques	69
Annexes	75
Annexe 1 : configuration matérielle d'une salle d'économie expérimentale : le cas de Strasbourg	75
Matériel informatique présent au sein du laboratoire d'Economie Expérimentale de Strasbourg	75
Architecture du laboratoire d'Economie Expérimentale de Strasbourg	76
Annexe 2 : instructions du pilote sur la valeur d'option	77
2.1. Information nulle	77
Instructions	78
Les gains	82
Récapitulatif	83
2.2. Information parfaite	88
Instructions	89
Les gains	93
Récapitulatif	94