

travail d'aide à la décision mais peut-être, plus simplement, le fait qu'il peut être apporté plusieurs éléments de réponse à un même problème. Devant l'impossibilité de pratiquer, au sein d'un même processus de décision, deux types d'études différents, les acteurs doivent être conscients des options qualitatives véhiculées par les différents modèles, traduisant souvent des prises de position éthiques de l'homme d'étude, avant de se forger une conviction personnelle sur le choix à effectuer. Dans ce domaine, la multiplicité des modèles nous semble refléter bien plus une reconnaissance de la complexité de la tâche de l'homme d'étude qu'une faiblesse scientifique.

Chapitre 10

PROGRAMMATION D'INVESTISSEMENTS LOURDS : COMPARAISON A POSTERIORI ENTRE LES RESULTATS D'UNE "APPROCHE SCIENTIFIQUE" ET LE DEROULEMENT EMPIRIQUE D'UN PROCESSUS DE DECISION

RÉSUMÉ

La réalisation d'un plan portant sur des investissements lourds tels que des prolongements de lignes de métro ne peut qu'être étalée dans le temps. Le cas dont il est question dans ce chapitre concerne le classement (programmation) de tels projets de prolongements en fonction de leur plus ou moins grande priorité.

Au 10.1, nous décrivons tout d'abord le cadre général dans lequel le problème se pose à la Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP). Cet organisme a en effet vocation pour contribuer à la planification des infrastructures. Nous indiquons ensuite les raisons qui ont amené à entreprendre, dans ce cadre, l'étude a posteriori qui fait l'objet du présent chapitre. La section se termine par une présentation sommaire des six critères devant guider la programmation.

Au 10.2.1, on expose pourquoi certaines particularités de ce problème concret ont conduit à élaborer une nouvelle méthode : ELECTRE IV. Le 10.2.2 traite de la façon dont le concept de pseudo-critère a été utilisé pour prendre en compte la part d'arbitraire qui affectait les performances (c'était là une des caractéristiques importantes du problème).

Le 10.3 est consacré à l'application d'ELECTRE IV. Les résultats obtenus à partir d'un système relationnel de référence S y sont tout d'abord présentés (cf. 10.3.1). Ils sont ensuite discutés à la lumière d'une analyse de robustesse (cf. 10.3.2).

Au 10.4, on confronte enfin les résultats précédents à ceux empiriques, qui ont historiquement jalonné un processus de décision qui s'est déroulé de 1973 à 1980. On s'efforce d'apporter des éléments de réponse aux questions qui furent à l'origine de cette étude a posteriori.

Dans le secteur des transports comme dans beaucoup d'autres, des plans d'investissement sont périodiquement conçus. Ce type de plans comporte habituellement une série de projets. Ceux-ci, une fois le plan approuvé, doivent être progressivement réalisés. Les ranger en fonction de jugements concernant leurs priorités relatives relève de ce qu'il est convenu d'appeler la programmation du plan d'investissement. Divers critères interviennent couramment pour raisonner et argumenter ces priorités relatives. Le processus de décision par lequel s'opère la programmation fait intervenir divers acteurs n'ayant pas forcément la même opinion quant à l'importance à accorder à chaque critère.

Le présent chapitre traite d'un cas de programmation entrant dans le cadre général qui vient d'être décrit. Il reprend une étude conduite en 1980 par l'un d'entre nous¹. Précisons que cette étude n'était pas destinée à accompagner un travail de programmation. Des décisions avaient déjà été prises pour la majorité des projets ; les priorités avaient été discutées et arbitrées, certains engagements avaient été arrêtés, tout cela dans le cadre d'un processus complexe, souvent conflictuel, ayant mobilisé de nombreux acteurs dans des réunions multiples échelonnées sur huit années. Il s'agissait de comparer les décisions arrêtées au fil des années aux recommandations qu'il aurait été possible de formuler dès l'origine sur la base d'une "approche scientifique"² visant à aider à cette programmation.

Après avoir précisé, au 10.1, l'objet de l'étude, nous exposerons, au 10.2, comment s'est opéré le choix (plus exactement la conception) d'une méthode appropriée à l'approche scientifique envisagée. Cela nous amènera à achever la présentation des

¹ Il s'agit en l'occurrence de B. Roy (cf. Roy et Hugonard (1982 a, b et d)) ; il convient de préciser ici qu'au moment où ont été conduits les calculs décrits au 10.3, les faits rapportés au 10.4 n'étaient pas connus.

² Rappelons (cf. 1.1) qu'une telle approche, même si elle est qualifiée de scientifique, ne prétend pas découvrir une vérité devant s'imposer à tous comme ce devrait être le cas si l'on disposait d'une science de la décision ; le caractère scientifique ne s'applique ici qu'à l'aide à la décision (cf. Roy (1992)).

données disponibles. La mise en œuvre de la méthode ainsi que la présentation des conclusions auxquelles elle a conduit seront présentées au 10.3. Ces conclusions seront enfin comparées (au 10.4) avec ce qui s'est effectivement produit au cours des années 1973 à 1980.

10.1 L'OBJET DE L'ÉTUDE

10.1.1 Cadre général

En 1952 s'achevait la première vague d'extension en banlieue du métro parisien. Le plan de cette extension avait été élaboré en 1928. De 1952 à 1970, le réseau est resté stable. A cette époque, une nouvelle phase d'extension s'est dessinée. Entre 1928 et 1970, un développement considérable de la région parisienne s'est opéré, principalement dans la partie suburbaine. C'est pourquoi, dès la fin des années 1960 et sans cesse depuis, il est apparu nécessaire de mettre à l'étude le prolongement de nombreuses lignes en banlieue. En 1973, un plan d'ensemble, portant sur 12 nouveaux prolongements de lignes, fut élaboré par la RATP et rapidement approuvé par les instances compétentes.

Au terme de sa première phase d'extension, le métro de Paris comptait, en 1952, 148,4 km de lignes pour la seule ville de Paris contre 20,2 pour toute la banlieue. A partir de 1970, après une longue période de stagnation, quelques réalisations mineures ont vu le jour, portant notamment le réseau de banlieue à 31,8 km en 1973.

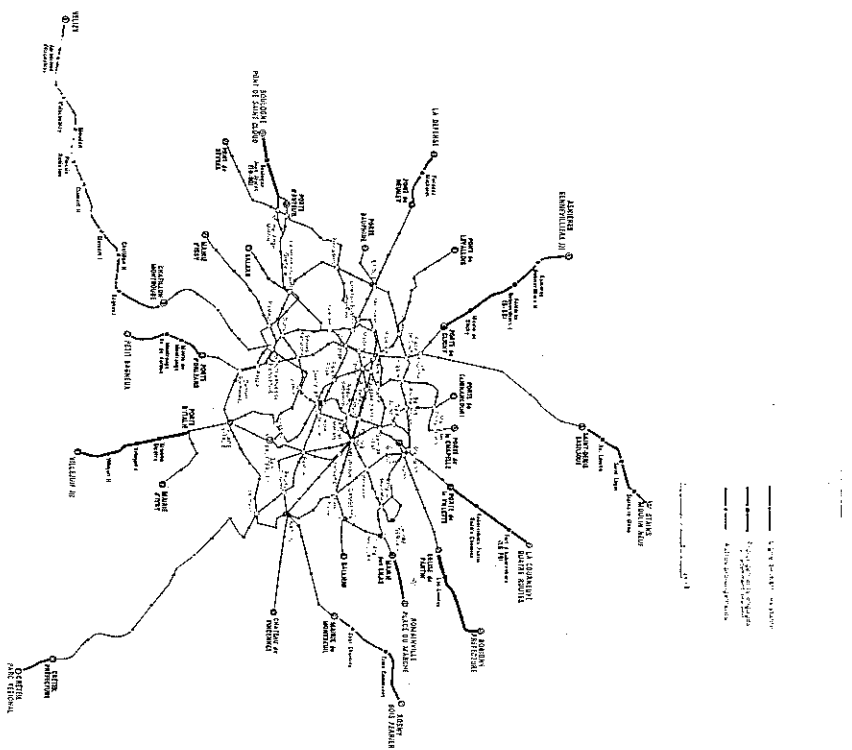
Les 12 nouveaux prolongements de lignes figurant au plan de 1973 (cf. figure 10.1.1) totalisaient 42,6 km et conduisaient à créer 38 nouvelles stations (ceci correspondait à doubler le nombre des stations existant en banlieue). En France de 1980, le coût de ce plan 1973 était de 7,5 milliards.

Dès 1974, l'un des prolongements du plan de 1973, jugé "le plus prioritaire", a été engagé. Deux autres l'ont été en 1975 puis, en 1979 et en 1981, deux autres encore. Cet échancier ainsi que les décisions de programmation qui ont précédé ces engagements seront précisés au 10.4.

Faisons remarquer que, relativement à un prolongement de ligne, la décision d'engagement ne porte pas nécessairement sur

La totalité du prolongement. La décision initiale peut ne concerner qu'un premier tronçon. Une nouvelle décision sera alors nécessaire pour engager le second (qui est, en général, le dernier).

Figure 10.1.1 : Tracé des 12 prolongements du plan de 1973 (source : RATP)



La programmation arrêtant les priorités d'engagement des travaux ainsi que les décisions d'engagement échappent à la RATP. Ces décisions appartiennent en effet à d'autres instances (politiques et sociales, nationales et régionales, cf. 10.4). Il est en revanche, dans les attributions de la RATP, d'instruire le dossier sur des bases techniques, économiques et sociales afin de mettre en évidence toutes les priorités qui peuvent être solidement établies indépendamment de tout système de valeur qui lui serait propre. La RATP a par conséquent pour mission d'éclairer les décisions d'échelonnement dans le temps des tranches de travaux concernés par ces prolongements de lignes. Une fois les décisions d'engagement prises, il lui incombe d'en mener à bien la réalisation.

En 1979, la RATP publie un dossier intitulé : "Extension du métro en banlieue... Evaluation globale et classement des différents prolongements". Ce dossier, établi sur les bases fournies par l'ensemble des études menées entre 1973 et 1979, rassemblait et synthétisait la totalité des informations disponibles à partir desquelles la comparaison des prolongements de lignes pouvait être (et avait été) raisonnée. Sur la base de ce volumineux travail et en accord avec ses différents partenaires, la RATP a pris le parti de structurer et de résumer ces informations concernant les 12 prolongements du plan de 1973 à l'aide de six critères. Nous les noterons g_j ($j = 1, \dots, 6$). Comme nous le verrons au 10.1.3, chacun d'eux peut être regardé comme reflétant un point de vue concernant tout spécialement l'un des acteurs naturellement concerné.

Ce dossier de 1979 décrivait en détail les procédures à suivre pour évaluer un prolongement quelconque a sur chacun de ces six critères. Ces procédures permettaient donc d'attribuer une valeur à chacune des performances $g_j(a)$. L'évaluation d'une telle performance nécessitait, selon le critère considéré :

- de procéder à de multiples estimations chiffrées, inévitablement très approximatives, de diverses grandeurs (population, coût, ...)
- caractéristiques de la situation actuelle ;
- de définir des normes fixant, par exemple, le périmètre dans lequel une population doit être dénombrée, la manière

d'opérer ce dénombrement, des prix de référence (valeur du temps, de l'énergie, ...);

- d'adopter des options prospectives concernant, par exemple, certaines évolutions urbaines ou encore le comportement des usagers vis-à-vis du transport en commun;
- de recourir à des avis d'experts.

Il s'ensuit que, si minutieuses qu'aient été les procédures décrites dans ce dossier de 1979, les performances $g_j(a)$ auxquelles elles conduisaient ne pouvaient être regardées comme indiscutables. Elles n'étaient, dans la plupart des cas, que des ordres de grandeur à partir desquels il était impossible d'affirmer que, toutes choses égales par ailleurs, le prolongement b devait être prioritaire par rapport au prolongement a si et seulement si $g_j(b) > g_j(a)$ (le sens de cette inégalité devant être renversé pour les critères tels que l'urgence du prolongement est d'autant plus forte que la performance est plus faible). Il y avait là une caractéristique des données du problème qui ne pouvait être négligée pour raisonner et argumenter les priorités.

10.1.2 Raison d'être de l'étude a posteriori

Effectuer la programmation des 12 prolongements prévus au plan de 1973 consiste à ranger ceux-ci en classes d'égale priorité et à ordonner ces dernières. Il s'agit autrement dit de définir, sur l'ensemble des projets considérés, une structure de préordre complet. Comme on l'a vu tout au long des chapitres 3 à 6, déduire "scientifiquement" une telle structure d'un tableau de performances n'est pas, en général, aisé. Dans le cas particulier des données issues du dossier de 1979 (cf. tableaux 10.1.1 et 10.1.2), nous avons pu vérifier combien il était difficile de concevoir empiriquement et d'argumenter un tel préordre complet. A diverses reprises, il a cependant été constaté que certains des membres des commissions, chargés de préparer ou d'arrêter la programmation, se livraient à des calculs de moyennes ou encore à des sommations de rangs de façon à attribuer une valeur à chacun des prolongements étudiés et qu'ils proposaient, comme base de discussion, le préordre qui en découlait. La part importante d'arbitraire affectant le résultat de tels calculs est évidemment très grande. Elle était parfois dénoncée mais pouvait aussi

Tableau 10.1.1 : Critères et performances associées

Critères	g_1 : Population + emplois desservis par km de ligne en 1975	g_2 : Trafic prévisible d'entrants aux stations nouvelles par km de ligne	g_3 : Coût/km de ligne (en millions de Francs en 1978)	g_4 : Taux de rentabilité interne	g_5 : Organisation du réseau de transports en commun	g_6 : Effet structurant sur l'urbanisme
Prolongements						
1 à la Défense	82 900	26 500	270	8,7	1	1
4 à Petit Bagneux	32 800	11 600	180	6,4	9	9
5 à Bobigny	12 500	7 100	110	4,6	2	2
7N à la Courneuve	33 100	11 500	140	14,1	3	7
7S à Villejuif	24 000	11 200	160	12,0	8	5
8 à Créteil-Parc Régional	17 100	4 000	40	11,8	12	3
9 à Rosny Bois-Perrier	14 200	3 700	130	3,9	7	10
10 à Boulogne	29 200	7 500	120	6,0	11	12
11 à Romainville	24 600	7 200	160	3,7	10	11
13b à Asnières-Genevilliers	37 650	10 400	130	12,2	3	8
13N à Stains Moulin-Neuf	17 400	4 600	170	3,7	5	6
13S à Vélizy	14 100	3 000	90	5,8	6	4

Remarques :

- Pour g_4 , les valeurs indiquées ici sont celles d'une grandeur corrélée aux taux de rentabilité interne et non ce taux lui-même.
- Les critères g_5 et g_6 étant qualitatifs, le numéro d'ordre dans le classement (de 1 à 12 par ordre d'intérêt décroissant) tient lieu de performance.
- Les évaluations pour les prolongements 1 et 8 supposent réalisée la totalité des programmes d'urbanisme prévus.

passer inaperçue.

Il est donc apparu intéressant de pouvoir disposer d'une méthode destinée à élaborer (sur des bases pouvant être reconnues comme étant "scientifiques" par les principaux acteurs concernés) un préordre sur un ensemble quelconque de projets soumis à programmation. Ce préordre, accompagné d'un certain nombre de commentaires, était destiné à être servir de point de départ des discussions de programmation. Il n'était cependant pas nécessaire que ce préordre soit complet. Imposer cette condition, c'était, au contraire, accroître le risque de faire apparaître des priorités mal fondées.

En effet, les critères peuvent être fortement conflictuels, leurs performances assez imprécises, l'importance qu'il convient de leur accorder source de divergences entre acteurs. Si certaines priorités peuvent être solidement établies, il en est d'autres qui peuvent avoir tendance à s'inverser selon que l'on considère un écart comme significatif ou non, que l'on adopte telle ou telle règle d'agrégation, que l'on regarde tel critère ou tel-autre comme prépondérant. Il est donc préférable de laisser la possibilité de conclure à l'incomparabilité de deux prolongements quant à leurs priorités respectives plutôt que de forcer la comparaison, dans un sens ou dans l'autre, ou vers des priorités égales. D'une façon plus générale, il paraît important de pouvoir mettre à l'épreuve de diverses hypothèses (explorant l'espace de liberté laissé par les principaux facteurs d'arbitraire) la robustesse des conclusions que révèle le préordre recommandé par la méthode.

Soulignons que les recommandations faites pourront toujours être remises en question à partir de considérations non prises en compte par la famille de critères et, plus généralement, par la méthode. Ces considérations, d'ordre politique par exemple, peuvent intervenir également pour arbitrer les cas d'incomparabilité ou de priorité non robuste.

La méthode à définir devait tenir compte de certains traits caractéristiques des données en matière de programmation de prolongements de lignes de métro.

Tableau 10.1.2 : Priorités restreintes à l'axe de chaque critère et seuils de discrimination

Les relations d'égalité priorité, de priorité faible et de priorité stricte sont indiquées pour les seuls prolongements consécutifs avec les conventions suivantes :

- égalité priorité : =
- priorité faible : <
- priorité stricte : <<

Critères	Priorités restreintes à l'axe de signification du critère	Seuils de discrimination
E_1 : Population + emplois desservis en 1975 à moins de 1 000 m par kilomètre de ligne	1 13 ⁸ 7N 4 10 11 7S 13N 8 9 13S 5	$q_1 = 0,10$ E_1 $p_1 = 0,20$ E_1
E_2 : Trafic prévisible d'entrants aux stations nouvelles par kilomètre de ligne	1 4 7N 7S 13 ⁸ 10 11 5 13N 8 9 13S	$q_2 = 0,15$ E_2 $p_2 = 0,30$ E_2
E_3 : Coût par kilomètre de ligne	8 13S 5 10 13 ⁸ 9 7N 7S 11 13N 4 1	$q_3 = 0,10$ E_3 $p_3 = 0,25$ E_3
E_4 : Taux de rentabilité interne socio-économique	7N 13 ⁸ 7S 8 1 4 10 13S 5 9 11 13N	$q_4 = 1$ $p_4 = 2,5$
E_5 : Organisation du réseau de transports en commun	1 5 13 ⁸ 7N // 13N 13S 9 // 7S 4 11 // 10 8	q_5 $p_5 = 3$
E_6 : Effet structurant sur l'urbanisme	1 5 8 // 13S 7S 13N // 7N 13 ⁸ 4 // 9 11 10	q_6 $p_6 = 3$

Remarques :

- La valeur importante du seuil p_3 tient compte de l'évolution technique possible des projets.
- Le signe // sert à délimiter des sous-groupes de prolongements qui sont jugés d'égalité priorité relativement au critère considéré. Les valeurs des seuils d'indifférence q_6 et p_6 qui en découlent sont indiquées tableau 10.2.2.

En premier lieu, nous avons indiqué, à la fin du 10.1.1, pourquoi les valeurs des performances pouvaient apparaître imprécises, incertaines, voire mal déterminées. Faisons toutefois

observer que ceux qui avaient participé à l'étude de 1979 (que ce soit pour définir les procédures d'évaluation ou pour calculer les performances des 12 prolongements) avaient une assez bonne connaissance qualitative des marges d'arbitraire dont ont été entachés les chiffres qui figurent dans le tableau de performances. Ils étaient en mesure de dire pourquoi tel écart de performance pouvait ou ne pouvait pas servir d'argument (toutes choses égales par ailleurs) pour justifier une priorité bien établie de l'un des prolongements par rapport à l'autre.

En second lieu, tout comme la RATP, les autres acteurs intervenant dans le processus de décision reconnaissaient que chacun des 6 critères explicites dans l'étude de 1979 méritait de contribuer à la définition des priorités. Il n'en demeurait pas moins que l'importance du rôle qui devait revenir à chacun restait non définie. Il était exclu que la RATP preme parti sur ce point. Elle aurait, par là, fait prévaloir son propre système de valeurs. On aurait pu concevoir qu'elle consulte les différents intervenants sur ce point. Obtenir des informations chiffrées, significatives sur le poids que les divers acteurs étaient prêts à accorder aux différents critères semblait à la fois fort difficile (compte-tenu notamment de la complexité de cette notion d'importance, cf. 3.1.6) et de peu d'intérêt pour l'application de la méthode à des contextes similaires. De surcroît, tout permettait de penser que les opinions qui auraient pu être recueillies se seraient avérées relativement divergentes. Pour le travail de programmation considéré, toute pondération a des incidences politiques. Pour toutes ces raisons, on s'est senti contraint de considérer qu'aucune donnée ne pouvait être disponible. On a toutefois admis que les deux hypothèses qualitatives suivantes pouvaient et devaient être prises en considération :

- aucun des 6 critères ne doit jouer un rôle prépondérant ;
- chacun des 6 critères est susceptible de modifier un ordre de priorité qui, sans lui, découlerait des 5 autres.

Compte-tenu des conditions décrites ci-dessus, la question se posait de savoir s'il existait une méthode permettant d'élaborer un préordre capable de constituer une bonne base de départ pour établir une programmation. Qui plus est, si une telle méthode

existait, il a été jugé indispensable, afin de mettre en lumière son aptitude à être prise en compte effectivement dans un processus de décision, qu'elle soit testée sur des projets ayant déjà donné lieu à discussion et arbitrage quant à leurs priorités respectives. Il s'agissait également de vérifier si, grâce à la méthode, on pouvait parvenir directement et plus rapidement, sur la base des données disponibles, à des conclusions analogues à celles qui avaient été dégagées progressivement par d'autres voies moins formalisées. Dans le cas où ces dernières se trouveraient en contradiction avec celles dégagées par la méthode, il convenait de savoir si les divergences constatées pouvaient être expliquées : la méthode n'aurait pas été condamnée dans la mesure où ces explications feraient apparaître les résultats de la mesure où ces explications "scientifiquement" mieux fondés (en-dehors de toute considération extérieure aux données) que ceux découlant de l'évolution historique du processus de décision. Un tel exercice (qualifié ici d'étude a posteriori) a donc été effectué sur les données du plan de 1973 telles qu'elles avaient été mises en forme et synthétisées dans le dossier de 1979. L'objet du paragraphe suivant est de préciser les critères et le tableau de performances qui en découlaient.

10.1.3 Critères et tableau de performances

Pour les raisons qui précèdent, ni le choix des critères, ni les valeurs des performances qui figurent au tableau 10.1.1 ne pouvaient être l'objet de discussion dans le cadre de l'étude rapportée ici. Nous ne chercherons donc ni à justifier le choix de la famille de critères, ni à décrire en détail les procédures de calcul des performances. Nous nous bornerons à donner à leur sujet les informations utiles à une bonne intelligibilité de l'ensemble du travail.

La famille de critères a été définie en privilégiant successivement le point de vue de l'habitant, de l'exploitant, de l'investisseur, de l'état et des responsables de la région Ile-de-France. Cela ne signifie nullement que chacun de ces acteurs n'est intéressé que par celui ou ceux des critères conçus en considérant le point de vue qu'il est censé privilégier. L'habitant, par exemple, ne peut se désintéresser de tout ce qui a une incidence aussi bien sur les coûts directs et indirects de son transport que sur la richesse et le

bon fonctionnement du réseau ou encore sur l'impact de ce réseau en matière d'urbanisme.

Pour l'habitant, ce qui importe, c'est d'être desservi, c'est-à-dire le fait qu'il existe une station proche de son domicile ou de son lieu de travail. D'après les enquêtes d'attractivité des stations de métro en banlieue, il paraît raisonnable de considérer comme directement desservis les populations et emplois situés à moins de 1 000 m de marche à pied réelle d'une station de métro. Le critère g_1 concerne l'importance des populations et emplois desservis dans ce sens. Toutefois, le nombre $g_1(a)$ n'est pas égal au chiffre total des résidents et des emplois desservis par l'ensemble des stations du prolongement a mais à ce nombre divisé par le nombre de kilomètres du prolongement. Ceci est justifié par le fait que les prolongements sont de longueur relativement inégale et que la décision d'engager les travaux n'est pas prise une fois pour toutes pour la totalité du prolongement mais tronçon par tronçon.

L'exploitant juge de l'intérêt d'un prolongement en fonction de l'importance du trafic qu'il attire. Il a l'habitude de raisonner en nombre d'entrants journaliers dans les nouvelles stations. La valeur $g_2(a)$ est définie comme le quotient de ce nombre évalué pour un jour ouvrable moyen par le nombre de kilomètres de a. Faisons observer que le trafic total d'une ligne est la somme du nombre des voyageurs se rabattant à pied et du nombre de ceux se rabattant par l'autobus, en deux roues ou en voiture particulière. Le premier de ces termes (et non les autres) dépend du nombre de résidents et d'emplois desservis. En ce sens, g_2 n'est pas totalement indépendant de g_1 . Ceci est toutefois sans importance pour l'étude puisque l'un de ces critères concerne la population et l'autre l'exploitant.

Pour l'investisseur, c'est évidemment le coût de l'investissement qui importe au premier chef. La valeur $g_3(a)$ est tout simplement le coût d'investissement du projet a par kilomètre de ligne.

Pour l'Etat, il est habituel de faire entrer en ligne de compte le taux de rentabilité socio-économique qui résulte d'une analyse classique coûts-avantages. C'est le critère g_4 . Celui-ci agrège tous les coûts et avantages pouvant être évalués et dont une bonne part n'est pas prise en compte par les critères g_1 , g_2 , g_3 . Il s'agit notamment des coûts d'exploitation, des gains de temps des usagers, des avantages pour la collectivité qui résultent de l'abandon de la voiture particulière au profit des transports en commun, etc.

Aux yeux des responsables de la région Ile-de-France, il existe des conséquences indirectes de ces projets qui ne sont pas prises en compte par les critères précédents et qui méritent d'intervenir pour fixer les priorités. C'est la raison d'être des deux derniers critères. L'objet de g_5 est de rendre compte de l'intérêt du prolongement vis-à-vis de l'organisation générale des réseaux de transport dans le secteur considéré : rabatement par autobus (notamment de

rocade), connexion avec d'autres réseaux (ferroviaires, autoroutiers, ...). Le critère g_6 vise enfin à appréhender les effets structurels sur l'urbanisme qu'il s'agit d'apprécier en fonction des orientations du schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France. Les performances selon ces deux derniers critères étant essentiellement de nature qualitative, les chiffres qui figurent dans le tableau 10.1.1 traduisent seulement un numéro d'ordre (1 pour le meilleur prolongement, 12 pour le moins bon).

Faisons observer qu'un prolongement est d'autant plus prioritaire que sa performance sur les critères :

- g_1 , g_2 , g_4 est plus grande ;
- g_3 , g_5 , g_6 est plus petite.

10.2 LE CHOIX D'UNE MÉTHODE

10.2.1 Pourquoi ELECTRE IV ?

Le travail qui fait l'objet du présent chapitre a débuté en 1980 par une recherche documentaire portant sur des revues très variées. Quelques articles¹ mettaient l'accent sur le fait que, pour éclairer correctement des choix en matière d'investissement de transport, il était nécessaire de faire intervenir plusieurs critères, précisément du type de ceux présentés au 10.1.3. Les difficultés qu'il y a à vouloir affecter des poids à ces critères s'y trouvaient soulignées.

Sur le plan théorique, aucune source ne fournissait de méthode apte à traiter le problème tel qu'il avait été formulé. Certes, la méthode coûts-avantages avait fréquemment été utilisée dans le passé pour classer des investissements de transport. Toutefois, elle avait fait depuis l'objet de critiques sévères².

Toute méthode fondée sur l'élaboration d'un critère unique de synthèse (cf. chapitre 4) nous a semblé devoir être exclue. Elle

¹ Cf. Barbier (1971), Keitel (1975), Simpson (1976) et Grabe (1978).

² Cf. Winner (1978) et O'Leary (1979). La méthode coûts-avantages est une méthode monocritère. Elle repose, implicitement, sur l'établissement d'un critère unique de synthèse directement à partir d'un modèle du type T(A) (cf. 1.5) sans passer par l'élaboration d'une famille de critères.

se serait heurtée à trois obstacles difficilement surmontables :

- i) l'absence d'information sur l'importance relative des critères,
- ii) le caractère purement ordinal des critères g_5 et g_6 ,
- iii) des valeurs imprécises ou incertaines, voire mal déterminées, des performances selon les critères g_1 à g_4 .

Les deux dernières de ces trois difficultés pouvaient être surmontées par des méthodes de type ELECTRE. Les seules ayant pour objectif l'élaboration d'un préordre partiel qui existaient à l'époque étaient ELECTRE II et ELECTRE III. On a pu s'assurer (cf. 10.2.2) que le concept de pseudo-critère permettait de prendre en compte les connaissances qualitatives à partir desquelles une différence $g_i(b) - g_i(a)$ pouvait être regardée comme révélatrice d'une priorité stricte, faible ou, au contraire, d'une indifférence entre b et a selon le seul critère g_i . Malheureusement, la mise en œuvre de ces deux méthodes nécessiterait que des poids soient affectés à chacun des critères. Nous avons songé à surmonter la difficulté i) en appliquant la méthode retenue (de préférence ELECTRE III) avec un ensemble de jeux de poids. Il nous est toutefois très vite apparu que cette voie n'avait que peu de chances d'aboutir à une méthode suffisamment systématique et convaincante pour présenter de l'intérêt.

Pour les raisons qui précèdent, une recherche a été entreprise afin d'élaborer une méthode qui, tout en restant aussi proche que possible d'ELECTRE III, puisse justifier un préordre partiel sans trop préjuger de l'importance relative donnée aux différents critères. Ce fut l'origine d'ELECTRE IV (cf. 5.3.1.2 et 6.4.4). C'est cette méthode qui a été finalement retenue.

10.2.2 Prise en compte de la connaissance sur la part d'arbitraire qui affecte les performances

Nous avons signalé, à la fin du 10.1.1, les raisons pour lesquelles les performances qui figurent au tableau 10.1.1 se trouvaient être affectées d'une part d'arbitraire impossible à négliger. Ceux qui avaient élaboré ces performances connaissaient les sources d'imprécision, d'incertitude et de mauvaises détermina-

tion. Pour une paire de prolongements donnée (a, b) et pour un critère g_j précisé, ils pouvaient répondre à des questions telles que :

— En faisant varier, dans une plage raisonnable, les facteurs mal connus, serait-il possible d'inverser le sens de la différence $g_j(b) - g_j(a)$? Une réponse oui à une telle question conduisait naturellement à poser b I_j a (où I_j est une relation d'égalité priorité¹ restreinte à l'axe de signification du critère g_j).

— En supposant, dans le cas où la réponse à la question précédente est négative, que l'on cherche à faire varier les facteurs mal connus de façon à réduire à son minimum la quantité $|g_j(b) - g_j(a)|$, le minimum ainsi atteint peut-il s'interpréter comme une différence trop faible pour que le critère g_j permette d'argumenter (toutes choses égales par ailleurs) une priorité bien fondée en faveur du meilleur des deux prolongements ? Selon que la réponse à une telle question était positive ou négative, on pouvait poser (en supposant que b désigne le meilleur des deux prolongements) b Q_j a ou b P_j a (Q_j et P_j désignant respectivement des relations de priorité faible et de priorité stricte restreintes à l'axe de signification du critère g_j).

Il n'était évidemment pas concevable de vouloir obtenir une réponse aux questions ci-dessus pour chacune des 66 paires de prolongements considérés selon les 6 critères (ce qui aurait amené à examiner 396 cas). On s'est tout d'abord efforcé d'obtenir la réponse à ces questions pour chaque critère en considérant seulement les 11 paires de prolongements qui se trouvaient être consécutifs dans le préordre complet défini par les performances rangées de la meilleure à la moins bonne. Les conclusions obtenues sont reproduites (avec les conventions originelles) dans la partie centrale du tableau 10.2.1.

Pour fixer les valeurs des seuils de discrimination q_j et p_j (cf. dernière colonne du tableau 10.2.1), on a d'une part cherché à

¹ Dans tout ce qui suit, on écrira "égale priorité", "priorité faible" et "priorité stricte" au lieu de "indifférence", "préférence faible" et "préférence stricte".

rendre compte des résultats indiqués dans la partie centrale du tableau 10.2.1 tout en vérifiant, d'autre part, que les valeurs envisagées conduisaient à des résultats satisfaisants pour les paires de prolongements non consécutifs et tout spécialement pour les paires séparées par un seul prolongement.

Pour les trois premiers critères, il était manifeste que l'effet des facteurs d'imprécision, d'incertitude, d'indétermination qui affectaient leurs valeurs était d'autant plus important que $g_i(a)$ était plus grand. Une hypothèse de proportionnalité semblait, dans ces conditions, parfaitement justifiée. Pour g_4 , en revanche, il nous est apparu plus réaliste d'adopter des seuils constants.

Pour ce qui est des deux derniers critères, aucune des deux solutions précédentes ne nous a semblé convenir. En effet, le fait de ranger les prolongements du meilleur au moins bon et de leur affecter, sur cette base, un numéro d'ordre allant de 1 à 12 pour définir la performance n'implique nullement que les écarts de préférences entre deux prolongements consécutifs aient une amplitude comparable. Ainsi par exemple pour g_5 , l'écart entre les prolongements ligne 8 et ligne 10 (respectivement dernier et avant-dernier) est apparu compatible avec une égale priorité alors que l'écart entre les prolongements ligne 10 et ligne 11 (ce dernier prolongement étant rangé juste avant celui de la ligne 10) apparaissait révélateur d'une priorité faible. Pour chacun de ces deux critères, les prolongements se rassemblaient naturellement en sous-groupes de telle sorte que deux prolongements étaient d'égale priorité si et seulement si ils appartenaient au même sous-groupe (cf. tableau 10.2.1). Pour prendre en compte ce résultat, on a donné aux seuils q_5 et q_6 les valeurs indiquées au tableau 10.2.2. Enfin, il est apparu que, en dépit des inégalités mentionnées ci-dessus à propos des écarts de préférences entre prolongements consécutifs, une différence de rang de classement strictement supérieure à 3 pouvait être regardée, dans tous les cas, comme révélatrice d'une priorité stricte. On a donc posé $p_5 = p_6 = 3$.

Les valeurs des seuils qui figurent au tableau 10.2.1 ne sont, bien évidemment, que des ordres de grandeur convenables. La robustesse des conclusions méritait donc d'être testée face à des variations raisonnables (cf. 10.3.2) des valeurs retenues.

Précisons que, relativement aux critères g_1 , g_2 et g_3 , les valeurs des seuils indiquées tableau 10.2.1 sont des seuils directs¹, c'est-à-dire définis en fonction de la moins bonne des deux performances (comme-tenu du sens de variation des critères, il s'agit, pour g_1 et g_2 , de la plus petite des deux valeurs et, pour g_3 , de la plus grande). En revanche, les seuils q_5 et q_6 sont des seuils

¹ Cf. MMCAD, 9.3.

inverses¹, c'est-à-dire définis à partir de la meilleure des deux performances (dans les deux cas, la plus petite). Les autres seuils (relatifs à g_4 , g_5 et g_6) étant constants peuvent être regardés aussi bien comme des seuils directs que comme des seuils inverses.

Les valeurs de q_5 et q_6 , telles qu'elles figurent dans le tableau 10.2.2, ne peuvent être directement prises en compte par les logiciels usuels¹. Grâce à un recodage des critères g_5 et g_6 (utilisant une transformée monotone des valeurs de performance), la difficulté peut cependant être aisément tournée. En effet, avec les nouvelles valeurs indiquées tableau 10.2.3, on peut poser $q_5 = q_6 = 2$. Il faut toutefois modifier les valeurs des seuils de préférence et poser $p_5 = p_6 = 5$.

Tableau 10.2.2 : Seuils d'égale priorité des cinquième et sixième critères

Valeurs des critères	1	2	3	4	5	6
$q_5[g_5(a)]$	2	1	0	2	2	1
$q_6[g_6(a)]$	2	1	0	2	1	0
Valeurs des critères	7	8	9	10	11	12
$q_5[g_5(a)]$	0	2	1	0	1	0
$q_6[g_6(a)]$	2	1	0	2	1	0

10.3 LES RÉSULTATS DE L'APPROCHE SCIENTIFIQUE

10.3.1 Application d'ELECTRE IV au système S de référence

La mise en œuvre d'ELECTRE IV implique de préciser :

- celles des relations S^1, \dots, S^5 (cf. (r.5.3.5) au 5.3.1.2 a)) que l'on souhaite faire intervenir ;
- la valeur à attribuer aux seuils de veto v_j dans la mesure où S^5 intervient.

¹ Les seuils variables sont supposés être de la forme $\alpha_j g_i(a) + \beta_j$.

Tableau 10.2.3 : Nouvelles codifications des critères g_5 et g_6 compatibles avec des seuils constants

Valeurs de g_5 et g_6	1	2	3	4	5	6
Codage de g_5	1	2	3	sans objet	7	8
Codage de g_6	1	2	3	6	7	8
Valeurs de g_5 et g_6	7	8	9	10	11	12
Codage de g_5	9	12	13	14	17	18
Codage de g_6	11	12	13	16	17	18

Comme dans toute méthode ELECTRE, les options de ce type doivent tout d'abord être prises en vue de définir un système S de référence, lequel devra ensuite être modifié de diverses manières de façon à conduire une analyse de robustesse (cf. 10.3.2). Rappelons que la méthode devait être présentée à des non spécialistes de la modélisation des préférences et de l'aide multicritère à la décision. Il importait donc qu'elle soit relativement simple pour que les principes et les mécanismes puissent en être exposés sur la base d'un exemple numérique. Nous nous sommes donc imposé de n'introduire que deux relations de surclassement dans le système de référence. L'une d'elles était destinée à saisir des surclassements qu'il devait être facile de justifier par simple comparaison des vecteurs de performances associés aux actions considérées, l'autre devant permettre d'appréhender des surclassements sur la base d'arguments certes moins solides mais qui devaient pouvoir également être présentés

10.3.1 simplement sur la base de la comparaison des vecteurs de performances. Comme on le verra plus loin, le fait de ne considérer que deux relations simplifie également la procédure d'exploitation, laquelle peut être exposée sans difficultés (comme on a pu le vérifier) à des personnes non initiées.

Afin d'asseoir des surclassements qui, sans trop préjuger de l'importance relative des critères (cf. la double hypothèse qualitative formulée à la fin du 10.1.2), soient malgré tout suffisamment riches pour faire apparaître des priorités, ce sont les relations S^3 et S^5 qui ont été conçues et utilisées en premier¹. Les hypothèses et arguments qui justifient l'usage de $S^3 = S_{\rightarrow q}$ (cf. (r.3.1.14)) ont été longuement présentés et discutés au 3.1.4 d). La relation $S^5 = S_{av}$ (cf. (r.5.3.4) au 5.3.1.2 a)) a été introduite afin d'accepter des surclassements plus faiblement établis, reposant sur des considérations de concordance et de discordance moins exigeantes que celles requises par S^3 (elles ont été présentées au 5.3.1.2 b)). Rappelons que, dans S^5 , un seul critère discordant est toléré. Cette discordance est toutefois limitée par le seuil de veto. Il nous a paru judicieux de ne tolérer qu'une faible discordance en posant, pour tous les critères j de la famille :

$$V_j = 2^p_j \quad (10.3.1)$$

Le système S de référence a donc été constitué de deux relations de surclassement emboîtées : l'une S^3 reflétant des surclassements assez fortement établis, l'autre S^5 plus faiblement justifiés. Ce système (cf. figure 10.3.1) est complètement défini sur la base des performances et des seuils des tableaux 10.1.1, 10.2.1 et 10.2.2.

Rappelons que la procédure d'exploitation d'ELECTRE IV est un cas particulier de celle d'ELECTRE III, cas particulier qui la rend beaucoup plus simple, comme on l'a montré au 6.4.4. Nous en illustrons ci-après les premières étapes sur le système de référence S qui vient d'être défini.

¹ Cf. Roy et Hugonnard (1982a).

Figure 10.3.1

Représentation matricielle de S^3 (surclassement fort)

	1	4	5	7N	7S	8	9	10	11	13b	13N	13S
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
5	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
7N	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
7S	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
13b	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
13N	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
13S	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1

Figure 10.3.1 (suite)

Représentation matricielle de S^5 (surclassement faible)

	1	4	5	7N	7S	8	9	10	11	13b	13N	13S
1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
5	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
7N	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
7S	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1
8	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
13b	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
13N	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
13S	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1

Il convient, en premier lieu, de calculer, pour chacun des 12 prolongements a , sa qualification $q(a)$ en ne faisant intervenir que le seul surclassement S^3 . Rappelons que cette qualification est définie comme la différence entre le nombre d'actions que a surclasse et le nombre d'actions qui surclassent a. Ces qualifications sont données au tableau 10.3.1.

Tableau 10.3.1 : Qualification des prolongements selon S^3

a	1	4	5	7N	7S	8
$q(a)$	0	-1	+2	+6	+1	0
a	9	10	11	13 ^b	13N	13S
$q(a)$	-7	-1	-4	+6	-2	0

L'ensemble D_1 est, par définition (cf. 6.4.4), l'ensemble des actions qui confèrent à $q(a)$ sa valeur maximum. On a donc :

$$D_1 = \{7N, 13^b\}.$$

Ces deux actions sont candidates pour la tête de classement dans la distillation descendante (du fait de leur qualification maximum dans l'ensemble des 12 prolongements selon la relation de surclassement la plus "fortement" établie).

L'ensemble D_1 n'étant pas réduit à un seul prolongement, il faut examiner si la relation plus "faiblement" établie S^5 permet ou non de départager les actions que cet ensemble renferme. Pour cela, il suffit de calculer la qualification de chacune d'entre elles dans (D_1, S^5) et de retenir celle(s) qui maximise(nt) cette qualification. Étant donné que 7N et 13^b se surclassent l'une l'autre avec S^5 (ce qui confère à chacune une qualification nulle), il n'est pas possible de les départager. L'ensemble ($7N, 13^b$) constitue donc la première classe C_1 du préordre complet Z_1 que la distillation descendante a pour but de construire.

On raisonne ensuite sur l'ensemble AN_{C_1} des 10 prolongements restant à classer. Afin de mettre en évidence le ou les prolongements les plus prioritaires parmi eux, on recalcule la qualification de chacun d'eux relativement à (AN_{C_1}, S^3). Le maximum est obtenu pour le seul prolongement 7S. Il constitue donc la classe C_2 . En poursuivant, on obtient $C_3 = \{5\}$. Ce n'est qu'à la quatrième itération que la relation S^5 intervient effectivement pour départager des ex aequo selon S^3 . Relativement aux 8 prolongements restant à classer, les 4 suivants 4, 10, 13N et 13S ont une qualification maximum selon S^3 . Dans l'ensemble des 4 prolongements ainsi sélectionnés, seul 4 à une qualification

maximum selon S^5 . On pose donc $C_4 = \{4\}$. En continuant de la sorte, on aboutit au premier préordre complet Z_1 constitué par les classes d'équivalence suivantes rangées selon un ordre de préférence décroissant :

$\{7N, 13^b\}$, $\{7S\}$, $\{5\}$, $\{4\}$, $\{10, 13N, 13S\}$, $\{11\}$, $\{8\}$, $\{1, 9\}$.

La distillation ascendante consiste à appliquer la même procédure après inversion de tous les sens des surclassements. Elle aboutit au préordre complet Z_2 suivant :

$\{1, 7N, 8, 13^b\}$, $\{5\}$, $\{13S\}$, $\{4, 7S\}$, $\{10\}$, $\{13N\}$, $\{11\}$, $\{9\}$.

L'application d'ELECTRE IV au système de référence S aboutit au préordre partiel Z représenté figure 10.3.2. Rappelons que Z est l'intersection des deux préordres complets Z_1 et Z_2 obtenus respectivement par distillations descendante et ascendante.

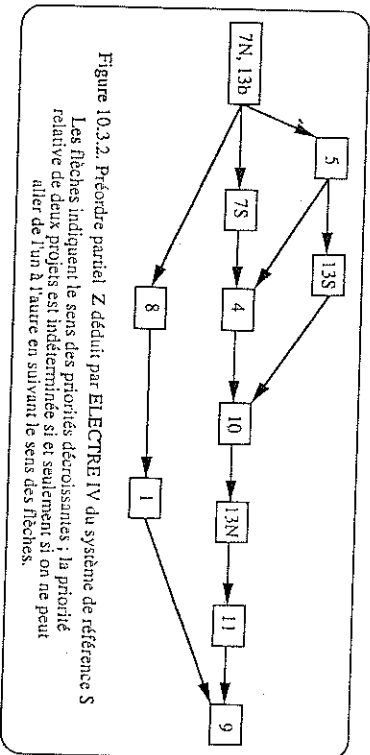


Figure 10.3.2. Préordre partiel Z déduit par ELECTRE IV du système de référence S . Les flèches indiquent le sens des priorités décroissantes ; la priorité relative de deux projets est indéterminée si et seulement si on ne peut aller de l'un à l'autre en suivant le sens des flèches.

10.3.2 Analyse de robustesse

Il s'agit ici de savoir dans quelle mesure les priorités mises en évidence par le préordre de la figure 10.3.2 sont robustes face aux éléments d'arbitraire que sont ici essentiellement :

- l'appréciation de certains seuils ;
- la façon de modéliser les priorités en ne retenant que les relations de surclassement S^3 et S^5 .

Dans ce but, on a comparé, au préordre de la figure 10.3.2, ceux obtenus en appliquant ELECTRE IV à d'autres systèmes obtenus en modifiant les valeurs données aux seuils et en faisant intervenir d'autres relations que S^3 et S^5 . Dans un premier temps¹, 31 autres systèmes ont été examinés.

Compte-tenu de la façon dont les seuils de discrimination (cf. tableau 10.2.1) avaient été fixés, il nous est apparu non justifié d'envisager des valeurs plus faibles. Nous avons donc reconsidéré, sur des bases plus pessimistes, l'impact que pouvaient avoir, sur les performances, les divers facteurs d'imprécision, d'incertitude et d'indétermination. Nous avons ainsi pu attribuer, à chacun des seuils considérés, une valeur extrême qu'il ne nous paraissait pas réaliste de voir dépassée (cf. tableau 10.3.2).

Tableau 10.3.2 : Valeurs extrêmes des seuils de discrimination

Critère B	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
$q_i B(a)$	0,15 $g_i(a)$	0,20 $g_i(a)$	0,15 $g_i(a)$	1,5	3	3
$p_i B(a)$	0,25 $g_i(a)$	0,35 $g_i(a)$	0,30 $g_i(a)$	3,5	6	6

Pour chaque critère, les seuils q_i et p_i se trouvent donc encadrés entre une valeur minimum (celle du tableau 10.2.1) que nous appellerons valeur normale et une valeur extrême (celle du tableau 10.3.2). Sur ces bases, 8 jeux de seuils ont été pris en considération :

Jeu n° 0 : Valeurs normales pour chaque critère.

Jeu n° j ($j = 1, \dots, 6$) : Valeurs normales de chaque seuil pour tous les critères, sauf le $j^{\text{ème}}$ pour lequel les valeurs sont extrêmes.

Jeu n° 7 : Valeurs extrêmes pour chaque critère.

Venons-en maintenant aux options plus structurelles concernant le fait que l'on peut prendre appui sur un système de

¹ Cf. Groussaud et Le Galès (1980).

préférences (ayant ici une signification en termes de priorité) faisant intervenir un nombre plus ou moins élevé de relations de surclassement emboîtées, lesquelles correspondent à des degrés de crédibilité plus ou moins forts des surclassements qu'elles affirment. Nous avons tout d'abord souhaité combiner à S^5 (toujours dans un système à deux relations) une relation encore plus solidement établie que S^3 . Nous avons choisi S^2 . Nous avons ensuite ajouté S^1 au système initial et au second système.

On remarquera que nous n'avons pas fait intervenir S^4 : cette relation nous est apparue, dans le cas présent, trop peu différente de S^3 du fait de la faible valeur du veto. Dans des analyses de robustesse ultérieures, S^4 a été prise en considération conjointement avec des valeurs du veto v_i légèrement supérieures à 2p. (cf. (r.10.3.1)). Ce second temps de l'analyse de robustesse n'a fait que confirmer les résultats qui vont suivre.

L'analyse de robustesse a donc été conduite en combinant les quatre systèmes de relations de surclassement emboîtées qui viennent d'être introduits, à savoir :

$$(S^3, S^5), (S^2, S^5), (S^1, S^3, S^5), (S^1, S^2, S^3, S^5)$$

avec les 8 jeux définis plus haut sur la base des seuils de préférence normaux et extrêmes. Cela a conduit à 31 préordres partiels venant s'ajouter à celui de la figure 10.3.2. Ils sont présentés et analysés en détail dans Groussaud et Le Galès (1980). Nous nous bornons à rapporter ci-après les conclusions qui découlent de l'analyse des écarts qu'ils présentent par rapport aux préordres Z de la figure 10.3.2.

En dépit de multiples divergences locales, on relève une remarquable stabilité sur les points suivants :

- i) dans les 31 nouveaux préordres, les projets 1 et 8 demeurent comparables aux seuls projets de tête et de queue ;
- ii) dans presque tous les cas, 7N et 13^b restent ex æquo et meilleurs que tous les autres projets et, lorsqu'il n'en est pas ainsi, l'un des deux projets 7N ou 13^b reste meilleur que tous les autres (l'autre venant alors en second) en position éventuellement incomparable à certains projets ;

iii) immédiatement après cette tête de classement, on trouve toujours 5 et 7S en position incomparable ; lorsque 7N vient avant 13^b, 5 et 7S peuvent venir immédiatement après 7N en position incomparable à 13^b ;

iv) les projets 13S et 13N s'intercalent systématiquement et toujours dans cet ordre entre les 4 projets précédents et ceux formant le groupe de queue ;

v) les projets 11 et 9 demeurent, dans tous les cas, en queue de classement, le plus souvent dans cet ordre, sinon en position incomparable ;

vi) enfin, les projets 4 et 10 sont les seuls dont la position est instable ; au mieux, ils viennent immédiatement après 5 et 7S ; au pire, ils se situent dans le groupe de queue ; leur position relative est elle-même fluctuante.

10.4 COMPARAISON AVEC LE DÉROULEMENT EMPIRIQUE DU PROCESSUS DE DÉCISION

La méthode qui vient d'être appliquée, si elle l'avait été a priori et non a posteriori, aurait-elle fourni une bonne base de départ pour établir la programmation ?

Les priorités mises en évidence par le préordre Z (cf. figure 10.3.2) complétées et, dans certains cas, nuancées par les résultats i) à vi) de l'analyse de robustesse avaient-elles quelque chance d'être reconnues comme valables et entérinées au cours du processus ?

Le caractère "scientifiquement" argumenté des résultats dont il vient d'être question aurait-il conduit à une autre programmation que celle effectivement décidée ?

Grâce à la méthode, le processus de programmation aurait-il pu se déroulement plus rapidement et de façon moins conflictuelle ?

Telles étaient les principales questions auxquelles on souhaitait pouvoir apporter des éléments de réponse en effectuant cette étude a posteriori (cf. 10.1.2).

Les réponses aux questions ci-dessus ont donc été recherchées au travers d'une confrontation entre les résultats de la méthode proposée et ceux, empiriques, qui ont historiquement jalonné le déroulement du processus de décision. Comme le montre le contenu des paragraphes a) à e) ci-après, cette confrontation a apporté des réponses franchement positives aux deux premières des quatre questions ci-dessus. Nous reviendrons sur les deux dernières en conclusion du chapitre. En dépit de leur intérêt, il était clair, dès le début, que la confrontation envisagée ne permettrait pas d'y apporter des réponses définitives.

a) Le préordre Z et la conclusion i) de l'analyse de robustesse font clairement apparaître une position particulière des prolongements des lignes 8 et 1 : ils sont incomparables à la plupart des autres. Ceci recoupe les opinions contradictoires qui ont été exprimées à leur sujet à diverses reprises dans plusieurs instances au cours des années 1973 à 1980.

Cet état de chose se comprend fort bien à la lumière du tableau de performances et, mieux encore, lorsque l'on prend en compte les seuils (cf. tableau 10.2.1). Le prolongement 1 est certes le meilleur au regard des critères g_1 , g_2 , g_5 et g_6 mais il est, de très loin, le plus cher (critère g_3). Le prolongement 8 est, au contraire, le moins cher et il est bien placé selon le critère g_6 mais il est parmi les moins bons selon les critères g_1 , g_2 et g_5 . Pour comparer ces projets aux autres, il est indispensable de faire intervenir des jugements de valeurs sur l'importance relative des critères en conflit.

b) En tête du préordre Z, on trouve les deux prolongements 7N et 13^b. Cette position est confirmée par l'analyse de robustesse (cf. iii)). Viennent ensuite, et ce de façon robuste (cf. iii)), deux autres prolongements incomparables : 5 et 7S. Tous deux sont prioritaires par rapport au prolongement 4. Le 6 décembre 1973, un conseil interministériel restreint retenait, comme prioritaires, 4 des 12 prolongements : 5, 7N, 7S et 13^b (cet ordre ne traduisant aucune priorité relative). Les prolongements 13^b et 7N ont été engagés respectivement en 1974 et 1975 alors que 5 et 7S l'ont été beaucoup plus tard (cf. d) ci-après).

c) Trois prolongements 9, 11 et 13N forment la queue du préordre Z (une fois mis à part le prolongement 1 dont le cas a été examiné au a)). Cette position pour 9 et 11 est robuste (cf. v)). Quant à la position de 13N (cf. iv)), elle n'est jamais très bonne et, en tout cas, toujours plus mauvaise que celle de 13S. En 1981, aucune décision d'engagement relative à ces 3 prolongements n'avait été prise. Qui plus est, des études comparatives, approfondies, portant sur le choix du mode de transport (et, par conséquent, susceptibles de remettre en question l'option métro) avaient été reconnues nécessaires.

d) Selon le préordre Z, les prolongements les plus prioritaires, après 5 et 7S (8 étant mis à part, cf. a)), sont ceux des lignes 13S et 4. Si cette position est bien confirmée par l'analyse de robustesse pour 13S, elle conduit à davantage de nuances pour 4. Le Conseil Régional de l'Île-de-France, dans son plan triennal pour les années 1978 à 1980, a inscrit, dans l'ordre de priorité suivant, les prolongements 7S (engagé en 1979), 5 (engagé en 1981), 4 et, enfin, 13S.

e) Selon le préordre Z, le prolongement 10 mérite d'être programmé au mieux après 7N, 13^b, 7S, 5, 13S et 4. En fait, l'analyse de robustesse révèle (cf. vi)) que la position de ce prolongement n'est pas robuste. Selon les valeurs données aux seuils, selon le modèle de surclassement retenu, ce prolongement peut être rangé immédiatement après le groupe de tête ou, au contraire, inclus dans le groupe de queue. Historiquement, il s'est avéré que, à la demande du Conseil d'Administration du District de la Région Parisienne, le prolongement de la ligne 10 avait été décrété prioritaire en 1975. Il avait même été engagé cette même année au titre du plan de développement de l'économie. Ce sont en réalité des considérations extérieures à celles prises en compte dans les critères g_1 à g_6 qui ont motivé cette décision de 1975. Soulignons que cette dernière a toutefois suscité de vives oppositions de la part de plusieurs intervenants qui la considéraient comme insuffisamment justifiée.

Il ressort de ce qui précède que, si ELECTRE IV avait été mise en œuvre a priori, autrement dit si le préordre Z et les conclusions i) à vi) avaient été présentées aux différents interve-

nants, les décisions finalement arrêtées n'auraient sans doute pas été fondamentalement différentes de ce qu'elles ont été. Peut-être, en apportant des arguments à ceux qui considéraient comme mal justifiée la priorité donnée au prolongement de la ligne 10, celui-ci n'aurait-il pas été déclaré prioritaire aussi tôt. Peut-être les discussions relatives au prolongement des lignes 8 et 1 auraient-elles pu gagner en clarté. Quoi qu'il en soit, on peut estimer qu'en mettant en évidence un "noyau dur" de priorités solidement établies, en faisant apparaître que d'autres sont relativement fluctuantes entre certaines limites, en soulignant enfin des incomparabilités résultant de systèmes de valeurs non nécessairement partagés, le recours à la méthode n'aurait pu avoir que des effets bénéfiques sur les décisions prises. On peut également penser que les résultats dus à une telle méthode peuvent aider à dépassionner certains débats et contribuer à faciliter, ainsi qu'à accélérer, le déroulement du processus de décision. Toutefois, ce ne sont là que des conjectures.

BIBLIOGRAPHIE COMMENTÉE DE CAS D'APPLICATION¹

Cette bibliographie vise à présenter et commenter brièvement quelques textes décrivant des cas réels d'aide multicritère à la décision. Pour chaque texte, on s'est efforcé :

1. De cerner le domaine d'application par quelques mots-clés.
2. D'indiquer le (ou les) chapitre(s) du livre auquel (auxquels) se rattache(nt) la (les) méthode(s) utilisée(s).
3. De préciser la (les) méthode(s) utilisée(s).
4. D'indiquer la problématique d'aide à la décision concernée (ainsi que la nature des actions lorsque celle-ci ne peut se déduire du titre de manière évidente).
5. De noter, le cas échéant, quelques caractéristiques spécifiques de l'étude (proposition d'une nouvelle méthode, travail de modélisation spécifique, etc.).

Cette bibliographie comprend une centaine d'entrées. Elle vise à donner au lecteur intéressé un panorama de cas réels d'application et ne prétend aucunement à l'exhaustivité. Le choix des cas retenus a été guidé par :

- La date de publication (on a rejeté tous les textes publiés avant 1980).
- La facilité d'accès du document (ne sont mentionnés que les textes les plus facilement accessibles).
- Le souci de couvrir un large éventail de domaines d'application et de méthodes (certains de ces cas utilisent des méthodes qui, bien que se rattachant directement à cet ouvrage, n'y sont pas

¹ Rappelons que cette bibliographie n'aurait pu être établie sans le concours précieux de Dominique Champ-Brunet.