

Jacquet-Lagrèze et al. (1987) ont proposé d'utiliser PREF-CALC pour résoudre, de manière interactive, des programmes linéaires multicritères dans une problématique de choix. Cette méthode, dite méthode en trois phases, consiste :

- à déterminer un petit nombre d'actions efficaces contrastées, par exemple en minimisant une distance de Tchebychev à un point idéal pour diverses pondérations ;
- à estimer, en utilisant PREFCALC, une fonction d'utilité additive linéaire par morceaux sur le sous-ensemble d'actions efficaces obtenu à l'étape précédente ;
- à utiliser des résultats classiques de programmation linéaire pour trouver l'optimum de la fonction d'utilité additive linéaire par morceaux sur A^1 .

Chapitre 8

ANALYSE DES RÉPONSES À UN APPEL D'OFFRES : AIDE À LA SÉLECTION D'UNE MACHINE À TRIER LES PAQUETS

RÉSUMÉ

Dans ce chapitre, on présente un cas réel d'aide à la décision qui illustre bon nombre des aspects conceptuels et méthodologiques abordés dans les chapitres 1 à 6. L'environnement et l'origine de l'étude sont brièvement indiqués dans le passage introductif de ce chapitre.

Au 8.1, on expose tout d'abord le double problème d'évaluation et de sélection auquel la Direction Générale des Postes était confrontée. La section se termine en précisant comment l'action-type a été définie et quelle a été la problématique retenue.

Au 8.2, après avoir fourni quelques explications sur ce qu'est un système de tri-paquets, on expose en quoi consiste la procédure d'évaluation et la manière dont elle implique les différents services de la Poste concernés par le problème. Le dernier paragraphe de la section traite de l'élaboration des critères et de la prise en compte des sources d'imprécision, d'incertitude et d'indétermination.

La section 8.3 est tout d'abord consacrée à la démarche qui a abouti à une famille de onze, puis de douze, critères. Les neuf offres qui forment l'ensemble A ainsi que le tableau de performances associé sont ensuite présentés. La section s'achève par la discussion qui a conduit au choix de deux méthodes pour éclairer la décision.

La section 8.4 est consacrée à la mise en œuvre d'ELECTRE IS : choix des valeurs à attribuer aux coefficients d'importance k_j et aux seuils de veto V_j , application de la méthode à une première relation S de référence, finalement analyse de robustesse et principales conclusions.

Dans la dernière section, le lecteur trouvera d'une part la prescription finale de l'équipe d'étude et, d'autre part, les extraits du compte-rendu de la dernière séance du comité exposant la nature et les motifs de la décision arrêtée.

¹ Voir aussi Siskos et Despotis (1989). Dans la troisième phase, on n'est sûr d'obtenir un optimum global que si les fonctions d'utilité partielles sont concaves. Sur ce point, on pourra se reporter à Despotis et Yannacopoulos (1989).

L'administration française de la Poste a engagé, dans les années 1970, un programme d'automatisation des centres de tri composant le réseau de distribution des lettres et des paquets postaux. Dans le cadre de ce programme, la Direction Générale des Postes (DGP) a décidé, à l'automne 1983, de lancer un processus visant à équiper, à brève échéance, une vingtaine de centres de tri-paquets de machines automatiques.

Pour choisir la conception du système de tri qui répondrait au mieux aux besoins de la Poste, la DGP a demandé le concours d'une société d'étude¹. Ce choix de conception concernait plusieurs secteurs de la Poste. Il s'agissait non seulement d'analyser les conséquences du choix pour chacun de ces secteurs mais également d'associer ces derniers au processus d'évaluation des différentes conceptions de systèmes de tri et, par là, d'impliquer chacun de ces secteurs dans le processus de sélection. Un appel d'offres, adressé aux principaux constructeurs mondiaux, devait permettre de prendre en considération les différents systèmes de tri déjà conçus et expérimentés.

La société d'étude a estimé qu'une des tâches centrales consistait à élaborer un outil d'évaluation des offres faites par les constructeurs permettant ensuite de les apprécier sur la base d'un petit nombre de critères synthétiques. Ces critères devaient finalement guider la sélection d'une offre. Un premier examen des conséquences découlant de l'implantation d'une machine a mis en évidence leur grande complexité et leur forte hétérogénéité. Pour bâtir l'outil d'évaluation des offres dont il vient d'être question, l'équipe d'étude a, de ce fait, souhaité prendre appui sur la méthodologie proposée dans les chapitres 8 et 9 de MMCAD². L'un d'entre nous³ est alors intervenu dans l'étude en tant qu'expert. A ce stade, l'équipe d'étude n'avait que très peu

¹ en l'occurrence SEMA.METRA.

² Bien qu'en 1983 MMCAD n'ait pas encore été publié, les neuf premiers chapitres l'avaient été dans la série des Documents du LAMSADE. Les grandes lignes de cette méthodologie sont rappelés au chapitre 1.

³ en l'occurrence B. Roy.

d'informations sur ce que serait le nombre d'offres émanant des constructeurs. Elle ne pouvait préjuger des difficultés que présenterait la sélection finale. Ce chapitre vise à présenter les principales étapes de cette étude.

Dans une première section, nous exposons les problèmes d'évaluation et de sélection tels qu'ils ont été progressivement formulés. Nous décrivons ensuite les grandes lignes de l'outil d'évaluation des offres tel qu'il a été conçu. La section 8.3 est consacrée à la présentation de la famille cohérente de critères finalement retenus, des offres à évaluer, du tableau de performances associé et enfin à la discussion qui a conduit au choix d'une méthode pour éclairer la décision. Les deux dernières sections sont respectivement consacrées à la mise en œuvre de la méthode retenue (ELECTRE IS) et à une présentation commentée des résultats de l'étude.

8.1 LES PROBLÈMES D'ÉVALUATION ET DE SÉLECTION

8.1.1 Cadre général de l'étude

Un centre de tri postal traite (en 1983), selon son importance, de quelques milliers à quelques dizaines de milliers de paquets par jour qu'il s'agit de trier en une dizaine d'heures d'exploitation. On distingue, dans le tri postal, un tri "départ", qui intervient après la collecte des paquets dans les bureaux de poste, et un tri "arrivée" qui a lieu avant la distribution. Dans le type de centres qu'il s'agit d'automatiser, il est nécessaire, pour le tri départ, de séparer les paquets selon 60 flux distincts correspondant chacun à une direction d'expédition. Pour le tri arrivée, le nombre de directions à considérer est plus élevé. Il varie d'un centre à l'autre : il peut nécessiter de séparer jusqu'à 140 flux distincts. Ces flux peuvent être d'importance très inégale.

Une machine automatique de tri se caractérise notamment par le nombre de sorties physiques distinctes qu'elle comporte (davantage de précisions sur cette caractéristique ainsi que sur quelques autres sont données au 8.2.1). Pour trier selon m directions, il n'est pas nécessaire de disposer d'une machine

possédant au moins m sorties physiques : le tri peut en effet se faire avec la machine en deux phases successives et certains flux particulièrement faibles peuvent, dans un premier temps, être regroupés pour être ensuite séparés manuellement. Sur ces bases, des considérations d'ordre organisationnel et économique¹ ont conduit la poste à demander à chaque constructeur souhaitant soumettre une offre :

- de proposer une variante de base V^0 comportant au moins 60 sorties physiques ;
- d'établir des propositions techniques et économiques pour trois variantes de machines V^1 , V^2 et V^3 correspondant respectivement à 80, 100 et 140 directions d'exploitation.

Un appel d'offres a été lancé auprès des grands constructeurs mondiaux. Il devait permettre à chacun d'eux de concevoir une ou plusieurs offres adaptées aux spécificités de la Poste (notamment pour ce qui concerne le nombre de directions de tri, le débit, la fiabilité, l'éventail des formes, des volumes et des poids des paquets, ...) en fonction de sa technologie propre.

Pour apprécier les conséquences de la mise en place d'un système donné et acquiescer la conviction qu'il répondait mieux ou moins bien aux besoins de la poste qu'un autre système, les responsables de la DGP ont estimé que le domaine d'étude concernait les cinq "sphères" suivantes au sein de la poste :

- *la sphère technique* des services qui participent à la définition des caractéristiques techniques de la machine : technologie, type d'"antenne d'injection" des paquets dans le système de convoyage, mode et vitesse de convoyage, réception des paquets, ... ;
- *la sphère local machine* du personnel concerné par les conditions de travail : ergonomie des postes de travail, niveau sonore, facilité d'utilisation, ... ;

¹ Le lecteur trouvera dans Renard (1986) quelques précisions supplémentaires sur cet aspect du problème. Précisons que, pour rédiger ce chapitre 8, nous avons pris appui sur ce texte ainsi que sur divers documents de SEMA.METRA rédigés par MM. Jollain et Renard.

- *la sphère gestion du centre de tri* intéressée par l'écoulement du trafic, le respect des plages horaires de tri, l'organisation interne du centre, la souplesse d'affectation du personnel, ... ;

- *la sphère gestion centrale* intéressée par les coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance, la modularité, l'organisation des réseaux d'acheminement des paquets, l'équipement d'autres centres, ... ;

- *la sphère clients* préoccupée par la qualité et le coût du service.

En relation avec ces cinq sphères, la DGP a constitué un comité d'évaluation devant piloter l'élaboration de l'outil d'évaluation des offres, le valider et l'exploiter en vue de la prise de décision. Précisons que cet outil devait prendre en compte les conséquences de l'implantation, dans la vingtaine de centres envisagés, de tout système offert relativement à chacune des cinq sphères ci-dessus. Les objectifs suivants ont été, en collaboration avec la DGP, assignés à cet outil d'évaluation :

- 1°) Permettre de dépeupler, selon un schéma commun faisant intervenir des évaluations concrètes sur des dimensions clairement définies, tout dossier susceptible de parvenir en réponse à l'appel d'offres.
- 2°) Résumer chaque offre (afin qu'elle puisse aisément être comparée aux autres) à l'aide d'un petit nombre de performances résultant de critères sous-agrégant les évaluations ci-dessus selon des points de vue homogènes.
- 3°) Faire participer les services concernés des cinq sphères ci-dessus au choix des critères finaux et à la procédure d'évaluation des offres sur les dimensions qui sont de leur compétence.

Une fois ces objectifs atteints, il s'agit de comparer les offres selon un point de vue global prenant en compte toutes leurs performances. L'objectif final est de faire émerger l'offre censée répondre le mieux aux besoins de la poste et justifier ainsi la sélection du système à implanter dans la vingtaine de centres de tri concernés.

8.1.2 Cahier des charges et appel d'offres

L'appel d'offres a été conçu par la société d'étude selon une méthode dite de "Conception à Coût Objectif" (CCO). La méthode CCO aboutit à la détermination d'une norme de coût, appelée "coût objectif", que la machine de série à construire (ici la variante V^0) ne doit en aucun cas dépasser tout en respectant les exigences du cahier des charges. Ce coût objectif est déterminé par des considérations de renabilité ainsi que par un examen des possibilités techniques fondé sur le coût de réalisation de systèmes se rapprochant, autant que faire se peut, de la machine à réaliser. Cette méthode¹ conduit à définir un cahier des charges qui, vis-à-vis de certaines spécifications, laisse une relative marge de flexibilité au constructeur : dans la limite du coût qui lui est assigné, il lui appartient de rechercher la solution qui réalise les meilleures performances. Pour pouvoir apprécier avec suffisamment de finesse les différentes options prises par un constructeur donné, il est nécessaire que celui-ci établisse des propositions techniques très précises accompagnées des performances qu'il garantit, cela pour chacune des quatre variantes. Il doit fournir des plans, schémas et descriptifs cotés pour tous les sous-ensembles de la machine.

Le constructeur qui verra l'une de ses offres sélectionnée aura, dans un premier temps, à réaliser un prototype dont il devra préciser le coût (lequel n'est pas plafonné). Ce n'est que dans un second temps que le marché de la série pourra être conclu sur la base du coût unitaire (au plus égal au coût objectif) sur lequel s'est engagé le constructeur.

Afin de rendre possible une analyse systématique des dossiers de réponse à l'appel d'offres, le cahier des charges a été complété par un questionnaire. Chaque constructeur devait y répondre séparément pour chacune de ses offres². Ce sont les renseignements contenus dans les réponses à ce questionnaire, corroborés,

¹ Pour plus de précisions sur la méthode CCO, voir Tassinari (1983) et Peuldemanange (1985).

² Rien n'est interdit en effet qu'un même constructeur propose plusieurs offres.

voire corrigés et/ou complétés, par les informations contenues dans le reste du dossier qui devaient être exploitées par les agents compétents pour asseoir et justifier leurs évaluations. Il est important de souligner ici qu'un tel questionnaire n'a pu être conçu qu'une fois achevé le travail décrit au 8.2. Ce questionnaire n'ayant pas été initialement prévu, le lancement de l'appel d'offres a dû être retardé de près d'un mois. Ce retard a été sans aucun doute très largement rattrapé au moment du dépouillement. Il s'est en effet avéré que, grâce à ce questionnaire, on obtenait bien toutes les informations nécessaires et que celles-ci apparaissent dans les dossiers selon un canevas approprié aux opérations d'évaluation, ce qui a permis un travail systématique et rapide dans la phase de dépouillement.

8.1.3 Définition des actions potentielles et choix de la problématique

La modélisation que nous avons adoptée consiste à définir l'action-type (c'est-à-dire ce que recouvre ici le concept d'action, cf. 1.2) comme étant une offre bien définie a_j émanant d'un constructeur identifié. Précisons que l'indice i caractérise à la fois le constructeur et l'une de ses offres lorsqu'il en formule plusieurs. Cette option de modélisation ne s'impose pas de toute évidence.

Chaque offre a fait intervenir quatre composantes correspondant à la façon dont le constructeur adapte la machine qu'il propose aux quatre variantes demandées V^0, V^1, V^2, V^3 (cf. 8.1.1). Chacune de ces composantes peut être vue comme une action a_j , $j \in \{0, 1, 2, 3\}$. L'évaluation de a_j peut, au moins sur certaines des dimensions, différer significativement selon que l'on considère a_j^0, a_j^1, a_j^2 ou a_j^3 . Il s'ensuit qu'une offre a_j peut être jugée mieux adaptée aux besoins de la Poste qu'une offre a_k lorsque l'on ne s'intéresse qu'à la variante V^0 alors que, relativement à une ou plusieurs des autres variantes, c'est a_k qui peut s'avérer préférable à a_j . Afin de pouvoir discuter si nécessaire certains aspects du problème, les actions $a_j^0, a_j^1, a_j^2, a_j^3$ ont été évaluées séparément, sur chacune des dimensions, où elles pouvaient ne pas aboutir à la même évaluation.

Pourquoi n'avoir pas conduit l'aide à la décision en ne raisonnant que sur l'ensemble des actions de type a_j ? Tous les centres devant être équipés de la même machine (dans une variante adaptée aux particularités du centre), c'est entre les offres a_j et non entre leurs adaptations aux variantes que devait

s'exercer le choix final. Ceci explique l'option de modélisation adoptée : l'action-type est l'offre a_i et les a_j n'en sont que des composantes. Cette option impliquait toutefois de pouvoir disposer, sur chacune des dimensions susceptibles de discriminer les différentes variantes, d'une évaluation synthétique. Des règles précises (faisant appel à des considérations trop techniques pour être abordées dans le présent chapitre) propres à chacune des dimensions considérées ont été adoptées pour définir cette synthèse.

Une fois définie la famille cohérente de critères et construit le tableau de performances (cf. 1.5), on pouvait s'attendre à être confronté à l'une des deux situations suivantes :

- *situation n° 1* : les actions sont très peu nombreuses et les vecteurs de performances qui les caractérisent permettent des comparaisons suffisamment faciles pour qu'émerge un consensus au sein du comité d'évaluation sur l'offre à sélectionner ;
- *situation n° 2* : les offres sont trop nombreuses et/ou la comparaison des vecteurs de performances qui leur sont associés (compte-tenu notamment des seuils de discrimination) est trop délicate pour qu'émerge un consensus au sein du comité d'évaluation sur l'offre à sélectionner.

Dans la situation n° 1, il n'est pas nécessaire de dépasser la problématique de la description P.8 (cf. 1.7). Dans la situation n° 2, il convient d'élaborer un ou plusieurs modèles de préférences globales permettant au comité d'évaluation de comparer les offres afin d'en sélectionner une, éventuellement plusieurs, dans un premier temps, si aucune offre ne paraît véritablement s'imposer sur la base du tableau de performances. L'obligation de ne retenir finalement qu'une seule offre pour équiper les différents centres n'interdit pas que, dans un premier temps, deux prototypes (trois serait un maximum pour des raisons de coût) soient construits. Dans ces conditions, c'est la problématique du choix P.α qui a été retenue.

8.2 ÉVALUATION DES OFFRES

8.2.1 Analyse fonctionnelle succincte d'un système automatique de tri-paquets

Un centre de tri équipé d'une machine automatique à trier les paquets constitue un système complexe. On peut schématiquement le décomposer en cinq sous-ensembles ayant chacun une fonction bien caractérisée : l'alimentation, le codage, le tri, le conditionnement, le contrôle commande. On trouvera ci-après une brève description de ces sous-ensembles tels qu'ils ont été décrits dans l'appel d'offres.

Alimentation : Les paquets arrivent en vrac et à découvert. Le système doit donc être capable de :

- recevoir les paquets en vrac ;
- répartir les paquets entre les antennes utilisées ;
- alimenter chaque antenne sans discontinuité lorsque le système est lui-même alimenté de manière continue et régulier cette alimentation afin d'équilibrer la charge de chaque poste de travail ;
- faciliter le travail de l'opérateur en évitant que les paquets ne s'accumulent en grand nombre sur son plan de travail.

Codage : Le module de base est conçu pour être alimenté par trois antennes avec un seul opérateur pour chacune ; chaque antenne doit :

- pouvoir être mise en service ou hors service selon les besoins de l'exploitation ;
- faciliter le redressage des paquets pour simplifier la lecture de l'adresse par l'agent ;
- saisir l'adresse pour affecter une direction de déversement à chaque paquet d'après le code frappé par l'agent sur un clavier une main (le code à générer est le code postal à cinq chiffres décimaux) ;
- injecter automatiquement les paquets codés sur le système de tri ;
- permettre l'évacuation des paquets inadmis vers des corbeilles à fond mobile ;
- permettre le retrait des paquets détériorés et des détritus divers.

Tri : Le rôle de ce sous-ensemble est :

- de recevoir les paquets ;
- de convoier ces paquets ;
- de les dévier vers leur direction d'affectation.

Le (les) transporteur(s) a (ont) pour rôle :

- de recevoir les paquets en un ou plusieurs points d'injection ;
- de les transporter vers une ou plusieurs rangées de sacs ou de conteneurs ;
- de déverser chaque paquet vers sa destination.

Le choix du dispositif de transport des paquets est laissé au savoir-faire du fournisseur. Les contraintes à satisfaire résultent d'une part des conditions d'admissibilité des paquets, d'autre part des performances demandées relatives à la fiabilité, au bruit, à la hauteur de chute et à la vitesse des paquets.

Les paquets sont introduits dans des sacs ou dans des conteneurs qui correspondent chacun à une séparation.

Conditionnement : Le rôle du système est :

- d'introduire les paquets dans les sacs ;
- d'introduire les paquets dans les conteneurs ;
- de stocker les colliers et les liens ;
- de permettre l'évacuation des sacs sur les chariots ;
- de permettre l'évacuation des conteneurs.

Pour les directions en sacs, les sacs vides seront accrochés sur un dispositif mobile ou non permettant une permutation de sacs avec un effort minimum. Le système doit favoriser l'arrivée des paquets selon leur plus grande dimension.

Pour les directions en conteneurs, il faut veiller à conserver des dégagements suffisants permettant une circulation aisée des conteneurs. Des signalisations lumineuses sont prévues pour informer les agents des saturations.

Contrôle commande : Le système de contrôle commande assure l'ensemble des fonctions de pilotage et de supervision. Il peut être centralisé ou réparti ou les automatiser. Il produit, met à jour et sauvegarde les fichiers de tri. Il gère les informations statistiques.

8.2.2 Conséquences élémentaires, dimensions et barèmes de notation

La Poste avait eu l'occasion, dans le passé, d'exploiter, à titre très expérimental, certaines machines de tri-paquets. Prenant appui sur ces premiers essais et faisant intervenir divers représentants des cinq sphères concernées par l'automatisation (cf. 8.1.1), il a été possible de dresser une première liste (jugée exhaustive) des

effets, aspects ou attributs d'une machine de tri-paquets à prendre en considération pour évaluer et comparer les offres. Cette première liste de conséquences (cf. 1.5) a été limitée à celles sur lesquelles les offres pouvaient et devaient effectivement être différenciées. Une investigation plus poussée a ensuite permis :

- d'identifier, en termes précis, le contenu de chacune de ces conséquences afin que les différents acteurs en comprennent la signification ;
- de donner une définition opérationnelle de ce par quoi elles se manifestent concrètement lorsque la machine mise en place correspond à l'offre considérée.

A chacune des conséquences élémentaires ainsi définies, il a été associé une échelle de façon à en faire une dimension. Dans la suite de ce chapitre, on utilisera indifféremment les termes dimension et conséquence élémentaire).

Cette démarche a donné naissance à une liste provisoire de 53 conséquences élémentaires ; ces dernières ont été légèrement remaniées pour aboutir à une liste définitive n'en comportant plus que 48 (cf. tableau 8.2.1). Avant d'illustrer, sur quelques unes de ces conséquences élémentaires, ce que recouvrent les intitulés correspondants du tableau 8.2.1 ainsi que la manière dont sont définis les échelons des dimensions concernées, nous croyons utile d'apporter quelques précisions sur la démarche qui a conduit à retenir ces 48 dimensions pour définir le spectre des conséquences (cf. 1.5 et glossaire du chapitre 1) sur lequel toute offre pouvait et devait être analysée.

Dès le début de la démarche, on a veillé à ce que les représentants des cinq sphères concernées par l'automatisation soient impliqués. Leur connaissance du terrain, leur expérience en matière d'acheminement de paquets jointes au bilan des essais d'automatisation antérieurs et aux compétences techniques et méthodologiques des hommes d'étude ont été largement mobilisées dès la phase initiale d'investigation, laquelle a permis d'aboutir à la première liste. Pour que cette liste prenne en compte, de façon exhaustive, les "objets" (difficiles à expliciter) de la DGP ainsi que les souhaits exprimés par les différents

services concernés par l'automatisation, huit grandes catégories de préoccupations ont été introduites. Elles ont servi de guide tout au long de l'élaboration de la liste. Elles concernent :

- l'ergonomie ;
- l'exploitation ;
- l'entretien et la maintenance ;
- l'implantation ;
- les coûts ;
- le délai de développement ;
- les possibilités d'évolution technique ;
- la qualité clients.

Tableau 8.2.1 : Intitulés des 48 conséquences élémentaires finalement retenues

N°	Liste des dimensions
1	Qualité des postes de codage
2	Hauteur d'accrochage des sacs postaux
3	Facilité de permutation des sacs postaux
4	Facilité de permutation et prépositionnement des chariots porte-sacs et conteneurs de paquets
5	Qualité du dispositif de dépoussiérage
6	Facilité de circulation des personnes à proximité de la machine de tri
7	Hauteur des planchers des postes de travail
8	Niveau sonore de la machine au niveau des postes de travail
9	Niveau de vibration de la machine au niveau des postes de travail
10	Esthétique de l'ensemble de tri
11	Sécurité du personnel
12	Souplesse d'affectation des antennes de codage
13	Facilité de dialogue avec le calculateur
14	Surveillance du poste de Contrôle-Commande de la machine

15	Nature des informations statistiques d'exploitation fournies par le système
16	Facilité d'utilisation de la machine
17	Détection des directions physiques de tri saturées par les paquets
18	Présence de dispositifs évitant les incidents de tri
19	Vitesse de convoyage des paquets
20	Forme des paquets admis sur la machine de tri
21	Facilité d'évacuation des paquets inadmis par la machine au niveau postes de codage
22	Durée de changement de tâche
23	Facilité de circulation des chariots porte-sacs et conteneurs de paquets
24	Nombre d'opérateurs chargés de la fermeture des sacs postaux
25	Tri manuel entraîné par la présence de paquets refusés par la machine de tri
26	Débit de paquets triés
27	Maintenance préventive nécessaire
28	Maintenance curative effectuée par le personnel d'exploitation
29	Consommation courante de pièces
30	Nature des informations statistiques concernant la maintenance fournies par le système
31	Risque d'incident machine de tri
32	Superficie de la machine de tri
33	Forme générale de la machine de tri
34	Adaptabilité de la machine au point d'alimentation en paquets dans salle de tri
35	Adaptabilité de la machine au point d'évacuation des sacs postaux dans salle de tri
36	Nombre de séparations physiques de tri des paquets
37	Adaptabilité du logiciel de tri à la lecture du code-barre

38	Adaptabilité "physique" de la machine à l'implantation d'un système de lecture code-barre
39	Coût des études de la machine de tri
40	Coût du prototype de la machine de tri
41	Coût de la machine de série
42	Conséquences d'une coupure ou micro-coupure de courant électrique
43	Risque de détérioration d'un paquet au cours de son convoyage sur la machine
44	Hauteur de chute d'un paquet en cours de son convoyage
45	Risque de fausse direction au moment de l'injection sur le transporteur de paquets
46	Risque de fausse direction au moment de l'expulsion du paquet dans la séparation de tri
47	Délai global de réalisation du prototype par le fournisseur
48	Expérience du constructeur dans les machines de tri de paquets

Remarque : La conséquence élémentaire n° 48 n'est apparue que plus tard dans l'analyse (cf. 8.3.2).

Pour cerner, en termes précis, les conséquences élémentaires et rendre possible une évaluation des offres sur chacune des 48 dimensions finalement retenues, on s'est efforcé de cerner des caractéristiques dont l'état pouvait, relativement à chaque offre, être appréhendé en termes concrets sur la base d'informations, aussi fiables et objectives que possible. C'est en fonction de ce double souci de fiabilité et d'objectivité qu'ont été identifiées une ou plusieurs caractéristiques jugées particulièrement significatives de ce qu'il s'agit d'appréhender sur la base de l'intitulé de chaque conséquence élémentaire.

Nous illustrons ci-après, sur quelques exemples, ce que recouvrent les intitulés du tableau 8.2.1.

Qualité des postes de codage (conséquence élémentaire n° 1)

Pour apprécier une offre sur cette dimension, il convient de prendre en compte les trois caractéristiques suivantes :

- la hauteur du poste de travail de l'opérateur codeur ;
- l'existence d'un système d'égrenage des paquets ;
- le nombre d'opérations à effectuer par l'opérateur chargé du codage.

Facilité de permutation des sacs (conséquence élémentaire n° 3)

Deux caractéristiques doivent ici être prises en compte :

- existence d'un dispositif de permutation des sacs remplis de paquets ;
- existence d'une aire de dégagement aux pieds de l'opérateur chargé de fermer le sac rempli.

Facilité de dialogue avec le calculateur gérant le système de tri (conséquence élémentaire n° 13)

Les facteurs déterminants sont ici la forme et la richesse des messages envoyés par le calculateur au cours de l'utilisation de la machine.

Pour que la conséquence élémentaire n° j puisse être vue comme une dimension, on lui a associé une échelle de notations et un indicateur d'état γ_j (cf. 1.5). Cet indicateur (défini dans tous les cas comme étant ponctuel) consistait en une procédure, une règle ou une technique permettant d'associer, à chaque offre a_j , un unique échelon $\gamma_j(a_j)$ de l'échelle considérée. Cet échelon définit alors la note de l'offre sur la dimension. L'indicateur d'état γ_j a été complété par des seuils de dispersion servant à préciser, par excès et par défaut, la marge d'imprécision, d'incertitude ou d'indétermination qui entoure l'échelon retenu (cf. 1.6.3).

Pour chaque conséquence élémentaire, la définition précise de l'échelle à retenir, jointe à celle de la procédure, de la règle ou de

la technique constituant l'indicateur d'état, formant ce que l'on a appelé le **barème de notation des offres** sur la dimension considérée. Chacun a été élaboré en étroite collaboration avec le service qui devra l'appliquer pour évaluer les offres sur la dimension en question. Il a également été soumis, pour approbation et/ou modification, au comité d'évaluation.

Les figures 8.2.1 et 8.2.2 ainsi que la table 8.2.2 illustrent, de façon schématique, trois types de barèmes. Rappelons que l'appel d'offres était ac-

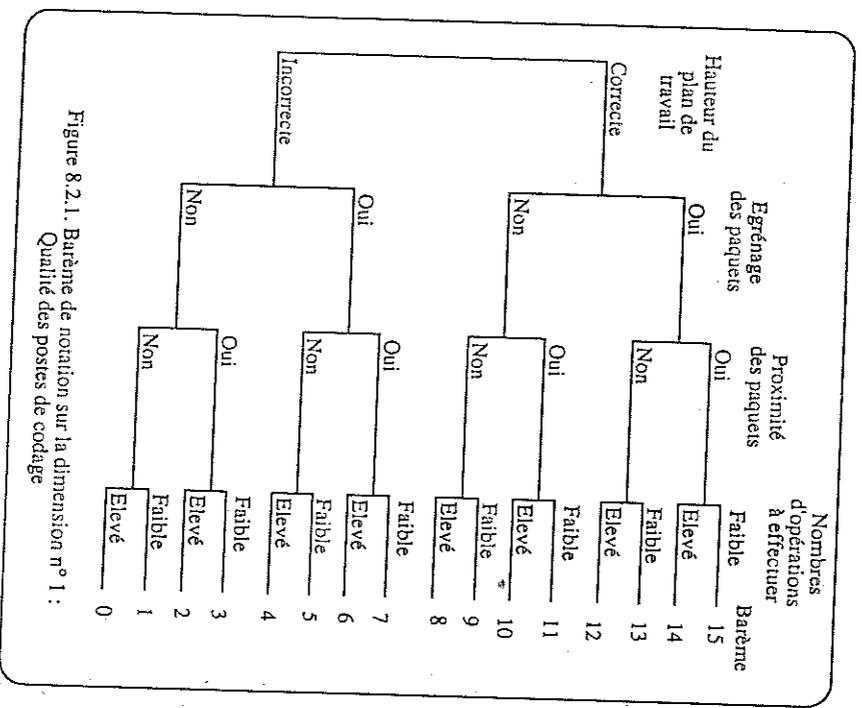


Figure 8.2.1. Barème de notation sur la dimension n° 1 : Qualité des postes de codage

compagné d'un questionnaire, lequel avait précisément été conçu de façon à obtenir des informations détaillées sur l'état de chacune des caractéristiques concernées par un barème. Le notateur avait pour mission de contrôler, chaque fois que cela était possible, la cohérence des réponses fournies avec les

indications portées sur les plans, schémas ou descriptifs présents dans le dossier de réponse à l'appel d'offres.

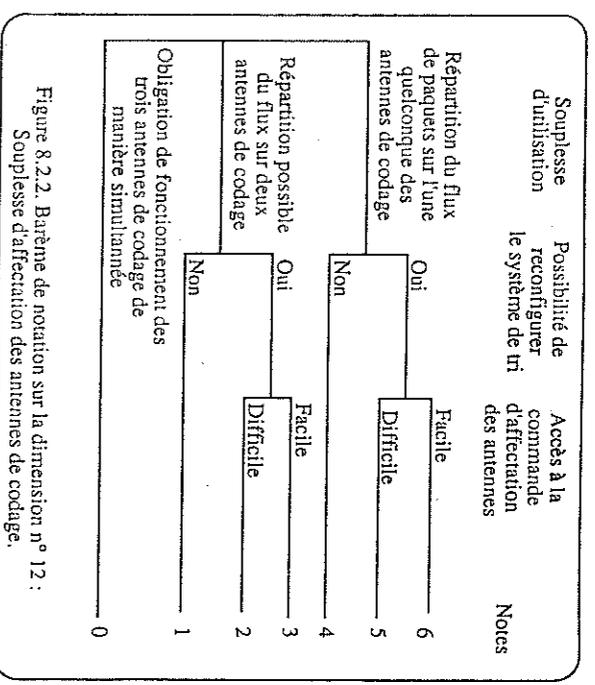


Figure 8.2.2. Barème de notation sur la dimension n° 12 : Souplesse d'affectation des antennes de codage.

De façon à échapper à des ambiguïtés inhérentes à des interrogations d'ordre trop général, les questions (et, par conséquent, les caractéristiques entrant dans le barème) ont volontairement porté sur des aspects bien particuliers car jugés spécialement révélateurs de ce que l'on voulait appréhender. C'est ainsi que, pour évaluer les incidents de tri (coincement, bourrage, chute, rebondissement, accrochage, roulement, glissement, mauvaise détection ; conséquences élémentaires 43, 44, 45, 46), l'accent a été mis sur les paquets de types suivants : enveloppes 100 g, rouleaux (spécialement longs), sachets (photos, films à développer), petites boîtes (diapositives développées), cubes ficelles et sans front net (chaque descriptif étant accompagné d'une photo).

Précisons que chaque service impliqué dans le processus de notation des offres a reçu un manuel d'aide au dépouillement contenant les barèmes relatifs aux dimensions vis-à-vis desquelles il est compétent. Ces barèmes n'ont cependant pas été présentés comme des règles rigides auxquelles il ne fallait en aucun cas déroger : le notateur pouvait, moyennant justification, s'en écarter de façon à prendre en compte certaines particularités d'une offre susceptibles de l'avantager ou de la désavantager sur la dimension considérée.

Tableau 8.2.2 : Barème de notation sur la dimension n° 15 :
Nature des informations statistiques d'exploitation fournies par le système

Informations pouvant être éditées par l'ordinateur en fin de séquence de tri	Notes
Heure de début du codage	1
Heure de fin de codage	1
Nombre global de paquets codés	4
Nombre de paquets codés sur chaque antenne	2
Nombre de paquets évacués au rebut technique	3
Nombre de paquets codés par direction de tri	1
Cumul du nombre de paquets codés depuis le premier jour du mois	1

$\gamma_5(a)$ est obtenu en sommant les notes relatives aux informations que l'offre a, prévoit d'éditer.

8.2.3 Passage des dimensions aux critères : sources d'imprécision, d'incertitude et d'indétermination

La démarche qui précède conduit à évaluer chaque offre à l'aide de 48 notes, chacune d'elles étant encadrée par un intervalle sur la base de seuils de dispersion par excès et par défaut. Chacune des 48 dimensions du tableau 8.2.1 aurait pu être choisie comme axe de signification d'un critère, les notes sur la dimension jouant alors le rôle de performances. Avec un nombre élevé de critères, aucune vision synthétique des offres n'aurait été possible. Il aurait, de surcroît, été difficile de débattre du rôle qui devait être dévolu à chacun d'eux dans une éventuelle procédure d'agrégation multicritère.

Il découle de la démarche suivie que certains groupes de dimensions concernent plus particulièrement l'une des cinq sphères ou des huit préoccupations mentionnées plus haut. Cette proximité entre dimensions invite à réaliser certaines sous-agrégations de préférence à d'autres. Elle permet de construire, sur des bases acceptées par tous, des critères relativement

synthétiques ayant un axe de signification clair. Il suffit de considérer attentivement le tableau 8.2.1 pour constater que les regroupements de dimensions susceptibles de définir le support d'un critère reflétant un point de vue a priori digne d'intérêt peuvent être envisagés de diverses façons. Les principes suivants ont guidé la modélisation à ce niveau.

PRINCIPE n° 1 : L'axe de signification sur lequel le critère conduit à agréger les performances doit être aisément compris par tous ceux qui ont à l'utiliser.

PRINCIPE n° 2 : La synthèse des dimensions qu'opère le critère ne doit pas être de nature, au travers des modalités d'agrégation, à faire naître des contestations de la part de certains acteurs qui récuseraient par exemple le système de valeurs qui la sous-tend.

PRINCIPE n° 3 : Le nombre des critères doit être le plus restreint possible pour rester compatible avec les deux principes précédents.

PRINCIPE n° 4 : La famille de critères finalement élaborée doit être acceptée comme base d'appréciation des performances des offres afin de les comparer pour concevoir et justifier des préférences globales.

Divers regroupements de dimensions ont été tentés selon ces principes et discutés avec le comité d'évaluation. Une famille de 12 critères a finalement été retenue. Elle est présentée au 8.3. A chacun d'eux a été associé un seuil d'indifférence qui en fait des quasi-critères. La fin du présent paragraphe est consacrée à quelques explications sur cette option concernant le mode de prise en compte de l'imprécision, de l'incertitude et de l'indétermination (cf. 1.5 et 1.6).

Il n'a pas été jugé opportun d'introduire un seuil de préférence p , distinct du seuil d'indifférence q . Cette option de modélisation a été adoptée en raison :

- d'un désir de simplification provenant tant des consultants que des membres du comité d'évaluation ;
- des difficultés qu'il y a pour déduire les valeurs de p , et q , de celles des divers seuils de dispersion relatifs aux dimensions entrant dans le support du

critère g_j lorsqu'il y en a plus d'une, ce qui est ici souvent le cas (cf. MMCAD, 9.3.4) :

— d'un manque de temps pour accéder, sur des bases sérieuses, deux seuils p_j et q_j pour chacun des 12 critères g_j .

La nature des imprécisions, incertitudes, indéterminations qui sont sources d'ambiguïté et d'hésitation pour les notateurs nous a conduits à regarder les seuils de dispersion comme étant constants¹. Les seuils q_j pouvaient, de ce fait, être choisis constants. Pour leur attribuer une valeur, on a tout d'abord pris appui (cf. 1.6.3) sur un couple d'offres, fiches mais réalistes, a et b telles que :

$$g_j(b) - g_j(a) = u > 0.$$

La valeur q_j peut alors être définie comme la plus grande valeur de u à partir de laquelle il est possible de parvenir à l'égalité $g_j(b) = g_j(a)$ par modification (dans la limite des seuils de dispersion) des notes de b et de a sur les diverses dimensions du support de g_j (tout en excluant certaines combinaisons de variations systématiquement extrêmes). Les résultats découlant de ce genre d'exercice ont permis de cerner l'ordre de grandeur des seuils q_j . La valeur définitive a ensuite été fixée, comme nous l'expliquerons au 8.3.3, en confrontant ces ordres de grandeur aux performances des offres réelles.

8.3 FAMILLE COHÉRENTE DE CRITÈRES ET CHOIX D'UNE PAMC

8.3.1 Une première esquisse : 11 critères

Il n'est pas possible de retracer ici toutes les hésitations et modifications qui ont jalonné les quelques semaines durant lesquelles (dans l'attente des réponses à l'appel d'offres) la formulation définitive des critères a été mise au point et acceptée par le comité d'évaluation. Nous nous bornons ci-après à indiquer les lignes directrices à partir desquelles 11 critères ont été construits sur la base des 8 catégories de préoccupations du 8.2.2 et des 4 principes du 8.2.3.

Les dimensions du tableau 8.1.2 ayant trait à l'ergonomie sont apparues trop nombreuses et trop diversifiées pour pouvoir être agrégées, de façon intelligible (principe n° 1), en un seul critère. Il est cependant apparu possible de les scinder en deux groupes relativement homogènes à partir desquels pouvaient être définis les deux critères suivants :

¹ Pour certaines des conséquences élémentaires, cette hypothèse peut paraître contestable, notamment lorsqu'il s'agit de coûts : l'amplitude maximum de variation constatée sur l'ensemble des offres est apparue insuffisante pour justifier l'introduction de seuils variables.

g_1 : qualité des postes de travail,

g_2 : ambiance d'exploitation

(à titre d'exemple, on explicite, à la fin du présent paragraphe, les règles de sous-agrégation ayant permis de définir g_1). Aucune unité ne s'impose pour exprimer la performance d'une offre selon ces deux premiers critères. On verra qu'il en va de même pour la plupart des autres. Dans ces conditions et afin de faciliter les comparaisons, les performances sur ces deux critères (ainsi que sur la plupart des autres) ont été normées de façon à vérifier :

$$0 \leq g_j(a) \leq 100 \text{ (plus la performance est élevée et meilleure elle est).}$$

Seuls les critères g_8 et g_9 font exception à la convention ci-dessus.

Les principes n° 1 et 2 nous ont conduits à définir trois critères ayant trait à l'exploitation :

g_3 : coût d'exploitation,

g_4 : débit de tri,

g_5 : facilité d'emploi.

Le débit de paquets triés prend pour base la cadence maximum indiquée par le constructeur, corrigée (selon une formule multiplicative) de façon à tenir compte des différents facteurs d'indisponibilité. La disponibilité d'emploi prend en compte les aspects ayant trait à la programmation, au changement de tâches, à l'affectation du personnel, etc.

L'entretien et la maintenance ont soulevé de délicats problèmes : plusieurs propositions ont été faites avec deux, voire trois, critères. Le gain en intelligibilité ne paraissant pas significatif (principe n° 1) et le nombre des critères menaçant d'être excessif (principe n° 3), il n'a finalement été retenu qu'un seul critère :

g_6 : entretien et maintenance.

L'implantation a fait apparaître deux points de vue contradictoires : l'encombrement et le nombre de directions physiques de tri. Le principe n° 2 interdisait de les synthétiser d'emblée, d'où les deux nouveaux critères :

g_7 : facilité d'implantation dans un site,

g_8 : nombre de directions physiques de tri de la variante V^0 (nombre entier ≥ 60).

Le coût d'exploitation (notamment celui de l'énergie consommée) ayant été pris en compte par le critère g_3 , il restait encore à définir un critère :

E_8 : coût d'investissement.

Ce critère a permis de prendre en compte :

- le coût du prototype et des études ;
- celui de l'adaptabilité au point d'alimentation (énergie, arrivée des paquets, ...)
- celui des machines de série (dont le coût unitaire était borné supérieurement du fait de la conception à coût objectif) ;
- l'influence du délai de développement : le retard de mise en place de la nouvelle organisation, dû à un délai trop long de développement, occasionne des coûts supplémentaires qui ont pu être évalués.

Les performances sur ce critère ont été chiffrées en Millions de Francs (MF) : ce critère est le seul pour lequel les performances sont d'autant meilleures qu'elles sont plus petites.

Les possibilités d'évolution technique ne concernaient guère que l'introduction d'un futur adressage par code-barre, d'où le critère :

E_{10} : possibilité d'adressage des paquets par code-barre.

La dernière des huit préoccupations concernait l'impact de cette automatisation sur la qualité de service telle qu'elle est perçue par le client. Il s'agissait essentiellement de prendre en compte deux risques : celui de détérioration des paquets et celui de mauvais adressage (qui accroît fortement le délai d'acheminement). Les deux risques n'étant pas sans liens, un seul critère a été retenu :

E_{11} : qualité de service.

Le critère E_1 (qualité des postes de travail) sous-agrège les dimensions n° 1, 2, 3, 4, 6 et 7 du tableau 8.2.1. Le mode d'agrégation a été discuté avec les responsables du service compétent sur la base d'un calcul de bilan par compensation. Ce mode de raisonnement (cf. 3.1.5), lorsqu'il fait abstraction pondérée à taux de substitution constants. On a alors :

$$E_1(a) = \sum_i N_i \gamma_i(a).$$

Pour débattre, avec les personnes concernées, des valeurs appropriées à donner aux coefficients γ_i , on a procédé comme suit :

¹ Avec les notations du 3.1.5, on a $N_i = 1/n_i$.

- On a tout d'abord choisi une dimension de référence : pour des raisons tenant à l'interprétation des N_i , il est souhaitable de choisir celle qui, parmi les dimensions à sous-agréger, permet d'appréhender des écarts de préférence avec le maximum de finesse ; c'est normalement l'échelle qui possède le nombre maximum d'échelons. Le coefficient N_i correspond au nombre d'échelons de cette dimension de référence qu'il est nécessaire de gagner pour compenser la perte d'un échelon sur l'échelle E_i . Le coefficient N_i ne peut être considéré comme constant que si l'on accepte l'hypothèse suivante : sur la dimension de référence comme sur la dimension i , la différence entre deux échelons consécutifs peut être regardée comme représentative d'écarts de préférence égaux tout au long de l'échelle considérée.

- On a procédé ensuite, pour chacune des six échelles en cause, à un examen du bien-fondé de l'hypothèse ci-dessus (ce qui a conduit à retoucher certains des barèmes) : pour la dimension n° 1 par exemple (laquelle a été choisie comme dimension de référence), cet examen a consisté à se demander si le barème de la figure 8.2.1 était bien établi de telle sorte que le gain de un point reflète une même variation de la pénibilité du travail des opérateurs-codéurs, que ce point soit gagné dans le bas, dans le milieu ou dans le haut de l'échelle.

- On a enfin débattu de la valeur à donner aux coefficients N_i . Le fait d'avoir posé $N_3 = 3$ (cf. tableau 8.3.1) signifie que la dégradation des conditions de travail pour des opérateurs chargés de la permutation des sacs lorsqu'on passe (cf. tableau 8.3.1) de la situation codée :

A : "existence d'un dispositif, aire de dégagement au pied du fermeur"

à la situation codée :

B : "existence d'un dispositif, pas d'aire de dégagement au pied du fermeur"

peut, du point de vue de la qualité globale des postes de travail, être compensée par une diminution de pénibilité du travail des opérateurs-codéurs correspondant au passage (cf. figure 8.2.1) de la situation notée :

9 : "hauteur correcte du plan de travail, pas d'égrenage, pas de proximité des paquets, peu d'opérations"

à la situation notée :

¹ Sauf si l'impact sur le critère, lorsqu'on passe de l'échelon le plus bas à l'échelon le plus haut, est anormalement fort par rapport à ce qu'il est dans le cas d'autres dimensions.

Tableau 8.3.1 : Définition du critère g_1 : Qualité des postes de travail

N°	Dimensions	Informations	Nb. échelons	Codage des échelons	N _i
1	Qualité poste de codage	Hauteur du plan de travail Egrénage des paquets Proximité des paquets Nombre d'opérations à effectuer par le codeur	16	15 14 13 ... 2 1 0	Réf.
2	Hauteur d'accrochage des sacs		4	A = 4 ; B = 3 ; C = 2 ; D = 0	4
3	Facilité de permutation des sacs	Dispositif de permutation Aire de dégagement au pied du fermeur	4	A = 4 ; B = 3 ; C = 2 ; D = 0	3
4	Facilité de prépositionnement (et permutation des chariots et conteneurs)	Dispositif de prépositionnement Aire de dégagement au niveau de la direction physique de tri	4	A = 4 ; B = 3 ; C = 2 ; D = 0	3
5	Facilité de circulation des personnes	Dimension des couloirs d'accès aux postes de travail	3	A = 3 ; B = 2 ; C = 0	4
6	Hauteur des planchers des postes de travail	Poste de codage Poste de fermeture	9	10 8 6 5 4 3 2 1 0	3

12 : "hauteur correcte du plan de travail, égrénage, pas de proximité des paquets, nombre élevé d'opérations".

La sous-agrégation a été conduite selon le même principe pour plusieurs autres critères. Pour g_0 , en plus de l'opérateur somme, on a dû faire intervenir l'opérateur Max. Pour g_4 , la formule adoptée est de type multiplicatif.

8.3.2 Tests de cohérence : adjonction d'un douzième critère

Afin de mettre à l'épreuve la cohérence des 11 critères qui viennent d'être définis, les tests de cohérence 2.2.1, 2.2.2 et 2.2.4 (cf. 2.2) ont été appliqués. Le test 2.2.1 a fait apparaître l'existence possible de deux offres qui, bien qu'ayant des performances identiques sur les 11 critères, ne soient pas obligatoirement jugées comme étant indifférentes par certains représentants de la DGP. Ces représentants faisaient valoir que, émanant de constructeurs qui n'avaient pas nécessairement la même expérience industrielle, ces deux offres pouvaient présenter un degré de développement différent ; il s'en suivait que, dans la phase d'élaboration du prototype, les risques d'apparition de difficultés imprévues (pouvant aller jusqu'à mettre en cause la bonne tenue des objectifs) pouvaient être forts différents d'une offre à l'autre. Il a de ce fait été décidé d'introduire la 48e ligne du tableau 8.2.1 ainsi qu'un douzième critère :

g_{12} : degré de développement, expérience du constructeur.

Même si l'évaluation des offres selon ce dernier critère pouvait paraître beaucoup plus subjective que vis-à-vis des 11 premiers, cela n'a pas semblé être une raison suffisante pour renoncer à prendre en considération les informations existantes. Celles-ci pouvaient provenir soit des dossiers de réponse à l'appel d'offres, soit du fait d'expériences antérieures bien connues de la Poste.

Le test 2.2.2 a fait apparaître que chacun des critères placé à côté des 11 autres peut jouer convenablement son rôle et le test 2.2.4 a confirmé qu'aucun de ces 12 critères ne pouvait être abandonné.

8.3.3 Les offres et le tableau des performances

Après élimination des réponses incomplètes ou ne remplissant pas toutes les conditions strictes du cahier des charges, 9 offres, référencées de a_1 à a_9 , émanant de 7 constructeurs distincts, ont été retenues pour l'évaluation. Celle-ci, conduite par les différents services compétents conformément aux indications données plus haut, a permis de dresser le tableau 8.3.2. Précisons que, relativement à certains critères, les chiffres qui figurent sur la ligne correspondante du tableau sont une synthèse de 4 chiffres correspondant aux 4 variantes (cf. passage en petits caractères au début du 8.1.3).

Conformément à ce qui a été dit à la fin du 8.2.3, la valeur des seuils q_i n'a été fixée qu'après avoir évalué les 9 offres sur les 12 critères. L'ordre de grandeur retenu pour q_i (d'après la comparaison d'offres fictives a et b) a permis de sélectionner des couples a_i et a_j d'offres réelles faisant apparaître des écarts de performances voisins de l'ordre de grandeur envisagé. Considérant les ambiguïtés et hésitations qui ont pu jaloner l'application du barème de notation pour déterminer $g_i(a_i)$ et $g_i(a_j)$, on a pu se faire une opinion mieux fondée sur le fait qu'une différence égale à $g_i(a_j) - g_i(a_i)$ était ou non compatible avec l'indifférence entre a_i et a_j .

C'est ainsi par exemple que, relativement au critère g_2 , il nous a paru justifié d'admettre que a_2 (de même que a_3) ne se différencie significativement ni de a_4 , ni de a_6 alors que a_6 méritait d'être regardée comme effectivement meilleure que a_4 (selon g_2). Il s'ensuit que :

$$g_2(a_4) - g_2(a_2) = g_2(a_6) - g_2(a_2) = 3 \leq q_2 < g_2(a_6) - g_2(a_4) = 6.$$

Le raisonnement préalable effectué à partir d'offres fictives a et b avait amené à penser que la valeur de q_2 devait être choisie au voisinage de 5. Compte-tenu de ce qui précède, c'est cette valeur qui a été finalement retenue.

Relativement à d'autres critères (notamment le dernier), les facteurs d'imprécision, d'incertitude, d'indétermination que le seuil q_i prend en compte revanche posé $q_i = 0$. Ceci s'explique par le fait que le nombre de sorties physiques que comporte la variante V^0 ne donne lieu à aucune ambiguïté et que toute sortie supplémentaire présente (toutes choses égales par ailleurs) un avantage réel pour le fonctionnement du centre (même si cet avantage décroît lorsque le nombre de sorties croît).

Tableau 8.3.2 : Performances des offres

	q_i	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9
g_1 : Qualité des postes de travail	5	75	81	77	73	76	75	73	77	96
g_2 : Ambiance d'exploitation	5	69	60	60	57	46	63	63	31	69
g_3 : Coût d'exploitation	5	68	82	82	82	55	68	68	41	41
g_4 : Débit	5	70	70	50	90	90	90	70	50	70
g_5 : Facilité d'emploi	5	82	66	66	75	48	98	98	59	49
g_6 : Entretien et maintenance	8	72	52	60	61	46	63	86	79	60
g_7 : Facilité d'implantation	10	86	86	86	93	93	78	78	71	57
g_8 : Nombre de sorties de V^0	0	74	60	60	60	60	61	61	60	60
g_9 : Coût d'investissement	1	15,23	15,70	15,00	15,55	36,68	22,90	19,58	15,47	13,99
g_{10} : Adressage code-barre	10	83	83	83	83	83	100	100	67	83
g_{11} : Qualité de service	5	76	76	82	71	50	68	74	76	50
g_{12} : Degré de développement	10	29	71	71	29	14	57	57	86	86

La préférence croît avec les valeurs des critères à l'exception de g_9 .

8.3.4 Choix d'une PAMC

Le fait qu'il n'y ait que 9 offres à comparer nous a tout d'abord conduits à proposer au comité d'évaluation de travailler directement sur le tableau 8.3.2 sans chercher à prendre explicitement appui sur une PAMC. Cette façon de faire s'est très vite révélée insuffisante : le mode de raisonnement présenté par les uns pour éliminer telle ou telle offre et ceux développés par d'autres pour argumenter la supériorité d'une offre sur une série d'autres étaient loin d'entraîner l'adhésion de l'ensemble des acteurs en présence. Devant les difficultés rencontrées pour comparer deux offres a_i et a_j (autrement dit les deux lignes correspondantes du tableau 8.3.2 compte-tenu des seuils d'indifférence), certains de ces acteurs ont tenté d'attribuer, à chaque offre, une valeur globale sur la base d'une somme pondérée des performances.

Il a alors été envisagé de systématiser cette approche qui paraissait avoir déjà été utilisée à propos d'appel d'offres concernant des matériels différents. Le recours à un critère de synthèse de type somme pondérée (cf. 3.1.5 et 3.2.2 d)) impliquait toutefois qu'un travail important soit conduit pour parvenir à un nouveau codage de chacun des 12 critères. Un tel recodage s'impose pour que le mécanisme de compensation qui est à l'œuvre dans une somme pondérée repose sur des bases raisonnables et acceptées comme hypothèses de travail par ceux qu'il s'agit d'aider dans la prise de décision. Il impliquait, par exemple, que soit pris en compte le fait qu'une sortie de plus ajoutée à une machine n'en comportant que 60 constitue (toutes choses égales par ailleurs) un avantage bien supérieur à celui que procure une sortie de plus à une machine en comportant 74 (le rapport des avantages obtenus dans l'un et l'autre cas devant être chiffré). Une fois opéré un tel recodage pour tous les critères, il fallait encore fixer la valeur des coefficients (taux de substitution) traduisant l'importance accordée à chaque critère dans le calcul de somme pondérée. Le fait que la machine doive répondre à des besoins et/ou objectifs multiples, perçus et valorisés par des personnes aussi différentes que celles concernées par l'exploitation, la maintenance, la logistique, le bureau d'étude, la qualité client, le financement, ..., rendait fort difficile (et sans doute

illusoire) l'obtention d'un consensus sur la façon dont un gain selon un critère était susceptible de compenser une perte selon un autre. Face aux représentants des différentes sphères concernées par la décision, nous avons alors été amenés à rappeler ce qui nous paraissait être deux points faibles de la procédure d'agrégation en question :

- elle était inapte à prendre en compte la présence, sur la plupart des critères, d'écartis strictement positifs mais non significatifs tels qu'ils ont été caractérisés par les seuils q_j ;
- elle conduisait à regarder comme indifférentes à une offre ayant des performances "moyennes" sur chacun des 12 critères un très grand nombre d'autres offres plus ou moins contrastées (c'est-à-dire excellentes sur certains critères et moins bonnes, voire très mauvaises, sur d'autres), indifférence fondée sur un mécanisme combinant addition et multiplication accepté essentiellement parce qu'il était familier mais non pas parce que l'on en maîtrisait les conséquences.

Les considérations qui précèdent, illustrées sur des exemples numériques, ont été présentées au comité d'évaluation. Elles ont été suivies d'un exposé des idées directrices (surlassement, concordance, discordance, ...) sur lesquelles se fondent les PAMC d'ELECTRE I et IS¹. Le comité a finalement décidé de recourir à ELECTRE IS tout en laissant certaines personnes du groupe conduire en parallèle un calcul de somme pondérée prenant en compte, de façon empirique (sans entreprendre un travail méthodique très poussé), les considérations développées plus haut.

La fin de ce chapitre est essentiellement consacrée à l'application d'ELECTRE IS qui a suivi cette décision.

¹ Le lecteur pourra vérifier que les conditions d'application d'une PAMC de type II (cf. 5.1.2) sont, dans le cas présent, remplies. Le recours à une méthode de type ELECTRE était donc pleinement justifié. Rappelons que, parmi elles, seules ELECTRE I et IS concernent la problématique α . Les explications données au 6.1.5 expliquent le choix qui a été fait.

8.4 MISE EN ŒUVRE D'ELECTRE IS

Cette mise en œuvre, destinée à aider à la sélection d'une ou de deux offres (devant donner lieu à la réalisation d'un prototype), s'est effectuée en quatre temps :

- attribution de valeurs aux poids $^1 k_j$;
- attribution de valeurs aux seuils de veto v_j ;
- exploitation d'une relation de référence S ;
- analyse de robustesse.

8.4.1 Valeurs des poids k_j

Pour attribuer des valeurs aux k_j , on s'est fondé sur la façon de faire présentée au 5.4.2 d). Tout d'abord, on a expliqué (en ayant recours notamment à la métaphore du pouvoir de vote) le rôle dévolu aux coefficients k_j dans la PAMC d'ELECTRE IS. Ensuite, on a cherché à élaborer un système d'inégalités sur les k_j (cf. 5.4.2 d)) qui reflète des opinions qualitatives sur l'importance du rôle qu'il convient d'attribuer à chaque critère, opinions qui devaient être partagées par plusieurs représentants de la DGP à qui appartenait le pouvoir d'arrêter la décision. De façon rapide et facile, le système suivant s'est imposé :

$$\begin{aligned} k_{10} < k_2 = k_7 = k_8 < k_1 = k_4 = k_5 < k_3 = k_6 = k_9 = k_{11}, \\ k_{10} \leq k_{12} \leq k_{11}, \\ k_1 = k_2 + k_{10}, \\ k_{11} = k_1 + k_2. \end{aligned}$$

On peut poser, de façon non restrictive, $k_{10} = 1$. La valeur de chacun des autres poids s'exprime alors simplement (compte-tenu du système ci-dessus) en fonction de k_2 :

$$\begin{aligned} k_7 = k_8 = k_2, \\ k_1 = k_4 = k_5 = k_2 + 1, \end{aligned}$$

¹ Telle est la terminologie qui a été utilisée dans l'étude réelle de préférence à "coefficients d'importance" jugés trop abstraits.

$$\begin{aligned} k_3 = k_6 = k_9 = k_{11} = 2k_2 + 1, \\ 1 \leq k_{12} \leq 2k_2 + 1. \end{aligned}$$

L'éventail des poids $k_{11} = \frac{2k_2 + 1}{1}$ est d'autant plus ouvert

que k_2 est plus élevé. Par référence à la métaphore des poids, il a été admis que k_{11} devait rester inférieur à cinq ou six fois k_{10} et strictement supérieur à quatre fois k_{10} . Le choix $k_{11} = 5k_{10}$ amène à poser :

$$k_2 = 2k_{10} = 2.$$

Ceci a été regardé comme étant une hypothèse de travail convenable. Les valeurs qui découlent de cette vision de l'importance des critères figurent dans le tableau 8.4.1. La valeur de k_{12} restant indéterminée entre 1 et 5, c'est la valeur 3 qui a été adoptée.

8.4.2 Valeurs des seuils de veto v_j

Les valeurs des seuils v_j ont été fixées comme indiqué au 5.4.3. Nous commentons brièvement ci-après, critère par critère (en suivant l'ordre croissant des k_j), les valeurs des veto retenues pour le jeu de référence (cf. tableau 8.4.1).

Compte-tenu de leur faible importance mais aussi de la façon dont ils étaient perçus par l'ensemble des acteurs, il a été admis que les critères g_{10} , g_7 et g_8 ne pouvaient opposer aucun veto à un surclassement unanime de la part des autres critères. Les seuils v_{10} , v_7 et v_8 ont donc été choisis de manière à ne pas jouer. Le critère g_2 , bien qu'ayant le même poids que g_7 et g_8 , s'est vu reconnaître, compte-tenu de la perception que pouvaient en avoir certains acteurs, un pouvoir de veto dans le cas où $g_2(a) - g_2(b)$ dépasserait la moitié de l'étendue de l'échelle ($v_2 = 50$). Il ressort des valeurs observées (cf. tableau 8.3.2) que ce veto n'a jamais eu l'occasion de s'exercer. Enfin, en raison de sa nature propre, le critère g_4 s'est vu dénier tout pouvoir de veto ($v_4 = 100$).

Etant de même nature que g_2 , le critère g_1 s'est vu attribuer le même pouvoir de veto : $v_1 = 50$ (lequel s'est avéré, lui aussi, sans

effet). Le critère g_5 s'est vu reconnaître un pouvoir de veto légèrement plus fort, au moins dans le jeu de valeurs de référence : $V_5 = 40$ (ce qui correspond ¹ à $\frac{V_5}{q_5} = 8$; cette valeur étant jugée trop élevée par certains, il a été décidé d'affaiblir cet effet de veto dans le cadre de l'analyse de robustesse. En raison de la part de subjectivité qui affecte les évaluations selon le critère g_{12} mais aussi de l'importance attaché par certains acteurs à ce critère, il a été admis que $\frac{V_{12}}{q_{12}} = 5$ était la force maximum qui mériterait d'être attribuée au pouvoir de veto de ce critère. Des valeurs moindres devaient, par conséquent, être envisagées dans l'analyse de robustesse.

Tableau 8.4.1 : Jeu de valeurs définissant la relation S de référence

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6
k_j	3	2	5	3	3	5
V_j	50	50	40	100	40	25
q_j	5	5	5	5	5	8

	g_7	g_8	g_9	g_{10}	g_{11}	g_{12}
k_j	2	2	5	1	5	3
V_j	100	50	5	100	30	50
q_j	10	0	1	10	5	10

En ce qui concerne les quatre critères ayant le poids le plus élevé, il a été jugé souhaitable de leur attribuer un pouvoir de

¹ Etant donné que $q_j = p_j$, ce sont les rapports $\frac{V_j}{q_j}$ (cf. 5.4.3) qui rendent possible une certaine comparaison de la force de l'effet de veto d'un critère à l'autre.

veto relativement fort. Celui-ci a été raisonné de façon comparative sur la base des rapports $\frac{V_j}{q_j}$. Eu égard à la manière dont étaient perçus les critères, les ordres de grandeur suivants ont paru convenir pour asseoir le jeu de référence :

$$\frac{V_3}{q_3} \approx 8, \frac{V_6}{q_6} \approx 3, \frac{V_9}{q_9} \approx 5, \frac{V_{11}}{q_{11}} \approx 6,$$

le pouvoir de veto de g_6 méritant, de plus, d'être affaibli dans l'analyse de robustesse.

8.4.3 Exploitation de la relation de référence S avec ELECTRE IS

La relation de référence S (laquelle constitue le système de référence dont il a été question au 5.4.4) est ici définie par le jeu de valeurs du tableau 8.4.1 complété par la valeur attribuée au niveau de concordance s. Pour fixer cette valeur, il a été conseillé (cf. 5.4.4) de commencer par observer la manière dont les valeurs de l'indice de concordance $k[C(b S a), C(a Q b)]/k[F]$ se répartissent dans l'intervalle [0,5 ; 1] (voir tableau 8.4.2). Faisons observer que les critères étant ici des quasi-critères, $C(a Q b) = \emptyset$ (cf. (r.5.2.6)). Dans ce qui suit, l'indice de concordance est donc tout simplement noté $k[C(b S a)]/k[F]$.

On a posé $s = 0,7$ pour achever de définir S (cf. figure 8.4.1). Avec cette valeur du niveau de concordance, la condition de concordance (r.5.4.8) (avec $C(a Q b) = \emptyset$) :

$$k[C(b S a)]/k[F] \geq 0,7$$

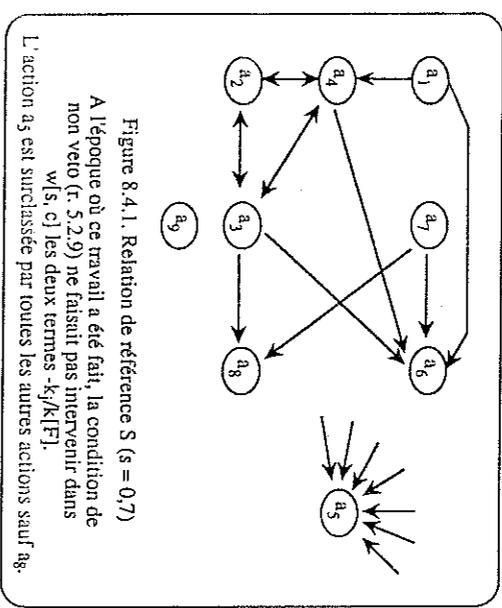
est vérifiée si et seulement si les critères discordants totalisent un poids au plus égal à 11 sur un total de 39 correspondant à la somme des poids de divers critères. Compte-tenu des valeurs que peuvent prendre les coefficients k_j (entre 1 et 5 avec le jeu de référence), la condition ainsi formulée apparaît comme relativement sévère. C'est pourquoi, dans le cadre de l'analyse de robustesse, s pourra être :

Tableau 8.4.2 : Valeurs de l'indice de concordance $k[C(b S a)]/k[F]$ découlant du jeu de valeurs de référence du tableau 8.4.1

b \ a	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉
a ₁	1,000	0,718	0,667	0,795	0,925	0,744	0,692	0,923	0,718
a ₂	0,692	1,000	0,872	0,718	0,923	0,641	0,718	0,795	0,667
a ₃	0,615	0,923	1,000	0,846	0,923	0,769	0,641	0,795	0,590
a ₄	0,692	0,846	0,795	1,000	1,000	0,718	0,590	0,795	0,667
a ₅	0,231	0,410	0,298	0,282	1,000	0,205	0,205	0,462	0,538
a ₆	0,513	0,462	0,538	0,692	0,949	1,000	0,615	0,538	0,667
a ₇	0,769	0,590	0,538	0,615	0,872	0,923	1,000	0,795	0,667
a ₈	0,538	0,590	0,538	0,590	0,667	0,590	0,590	1,000	0,641
a ₉	0,436	0,615	0,615	0,538	0,744	0,462	0,410	0,615	1,000

- exceptionnellement augmenté jusqu'à 0,73 de façon à n'accepter le surclassement que si le poids de la coalition discordante est au plus égal à 10 (dans le jeu de référence) ;
- diminué jusqu'à 0,63 de façon à accepter la concordance même si le poids de la coalition discordante atteint 14 (dans le jeu de référence).

L'exploitation de la relation S donnée à la figure 8.4.1 avec ELECTRE IS a été conduite sans qu'un indice de robustesse for-



mel ait été explicité¹ (cf. 6.2.2 b)). Les retraites et adjonctions de surclassements ont cependant été raisonnés de la même façon qu'au 6.2.2 c). Ce sont les écarts entre premier et second membres des conditions de concordance (r.6.2.8) et de non discordance (r.6.2.9) qui ont servi de guide. Nous indiquons brièvement ci-après le raisonnement qui a conduit à substituer, à la relation S de la figure 8.4.1, la relation S' de la figure 8.4.2 de façon à traiter, comme étant une classe d'ex aequo, le sous-ensemble d'offres $c = \{a_2, a_3, a_4\}$.

¹ Il en a été de même pour les relations étudiées dans le cadre de l'analyse de robustesse (cf. 8.4.4).

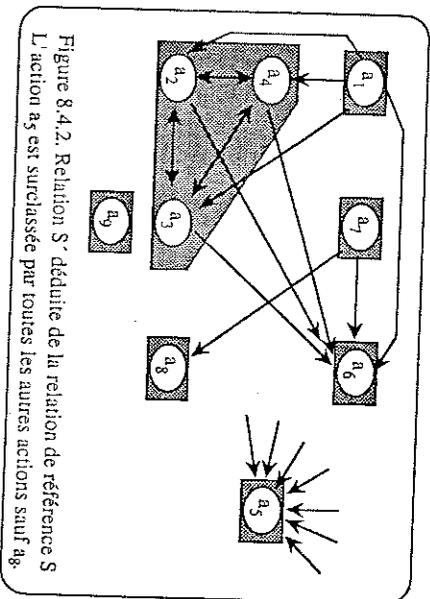


Figure 8.4.2. Relation S' déduite de la relation de référence S . L'action a_3 est surclassée par toutes les autres actions sauf a_6 .

L'application de la première étape d'ELECTRE IS fait apparaître, de façon évidente, une seule classe de présomés ex aquo :

$$c = \{a_2, a_3, a_4\}.$$

La seconde étape consiste essentiellement à savoir comment comparer c aux autres offres. En effet, les doubles surclassements qui lient entre elles les offres a_2, a_3, a_4 sont ici suffisamment bien établis pour ne pas avoir à envisager une quelconque division de c en deux.

L'acceptation de a_1, a_5, a_6 suppose¹ celles de a_1, S', a_2 et a_1, S', a_3 . Chacun de ces deux surclassements est absent de la figure 8.4.1 car :

— D'une part le critère 12 oppose son veto² à chacun d'eux du fait d'un écart défavorable à a_1 égal à 42. Il suffirait d'accroître de 50 à 52 la valeur de v_{12} pour que cet effet de veto n'ait plus lieu.

— D'autre part la condition de concordance ne valide pas a_1, S, a_2 . On a : $k[C(a_1, S, a_2)]/k[F] = 2/3$, ce qui est très voisin de 0,7.

¹ La relation $>_c$ est la relation définie sur l'ensemble A_c des classes d'ex aquo obtenue conjointement avec S' à l'issue de la seconde étape d'ELECTRE IS (conformément aux trois propriétés énoncées à la fin de cette seconde étape, cf. 6.2.2 a)).

² Rappelons que la relation S a été construite sans prendre en compte les termes $-k/k[F]$ dans (r.5.2.9). Si (r.5.2.9) avait été utilisée telle quelle, la relation a_1, S, a_2 aurait été acceptée d'emblée.

Compte-tenu de a_1, S, a_4 , il paraît, dans ces conditions, légitime d'accepter a_1, a_6, c .

Aucun veto ne s'oppose à a_2, S, a_6 . L'absence de ce surclassement provient d'une valeur de l'indice de concordance trop faible : 0,64. Dans ces conditions, puisque les deux autres offres de c surclassent a_6 , $c >_c a_6$ a été accepté.

La seule offre de c qui surclasse a_8 est a_2 ; a_2, S, a_8 est refusé en raison du veto du critère g_6 et a_4, S, a_8 l'est en raison du veto du critère 12. Dans les deux cas, cet effet de veto est nettement affirmé. Dans ces conditions, on a posé $\text{Non}(c >_c a_8)$.

La relation S' (cf. figure 8.4.2) admet pour noyau N (troisième étape d'ELECTRE IS) :

$$N = \{a_1, a_7, a_9\}.$$

Telle est donc la sélection finale que préconise cette première application d'ELECTRE IS : en effet, la quatrième étape d'ELECTRE IS conduit, de façon évidente, à poser $A' = N$.

Il n'est pas sans intérêt de rapprocher le résultat qui précède de celui de l'application faite au 6.2.2 c). La relation de la figure 6.2.1 a en effet été obtenue à partir des performances du tableau 8.3.2, du jeu de référence du tableau 8.4.1 en posant $s = 0,65$ (au lieu $s = 0,7$ comme pour les figures 8.4.1 et 8.4.2). En abaissant ainsi le niveau de concordance s , on fait apparaître l'offre a_1 comme ex aquo à celle de la classe c (cf. figures 6.2.3 et 8.4.2).

8.4.4 Analyse de robustesse

Conformément aux indications du 5.4.4, un certain nombre de relations S_1, S_2, S_3, \dots ont été étudiées. Elles ont été obtenues en modifiant le jeu de valeurs de référence de façon à prendre en compte les diverses hésitations mises en évidence au 8.4.1 à propos des poids k_j , au 8.4.2 à propos des seuils de veto v_j , enfin au 8.4.3 à propos du niveau exigé de concordance s . De façon plus précise, ces nouvelles relations ont été déduites de la relation de référence S :

- en faisant varier k_{12} dans l'intervalle $[1 ; 2k_2 + 1]$;
- en faisant varier k_2 dans l'intervalle $[1,5 ; 2,5]$ (ce qui correspond à $4 \leq k_{11} \leq 6$) ;

- en augmentant quelque peu les valeurs de v_5 , v_6 , v_{12} (de façon à affaiblir le pouvoir de veto des critères correspondants) ;
- en faisant varier s dans l'intervalle $[0,63 ; 0,73]$ (intervalle pouvant légèrement varier avec le jeu de poids considéré).

Une analyse de robustesse tout-à-fait bien conduite nécessiterait de prendre en compte, en les combinant, non seulement deux valeurs extrêmes proches respectivement de l'une et l'autre des bornes des intervalles ci-dessus mais aussi une valeur médiane sur chacun de ces intervalles. Même en faisant varier conjointement les trois veto, cela conduirait à étudier $3^4 = 81$ relations. Seules une vingtaine d'entre elles ont été examinées et cela pour deux raisons :

1°) Le manque de temps : L'étude, commencée en novembre 1983, a permis de lancer l'appel d'offres en février 1984 et son dépouillement n'a eu lieu qu'en juin. Or, la DGP souhaitait conclure au plus tard début juillet.

2°) L'analyse d'une première série de relations a révélé le peu d'intérêt que pouvait présenter l'analyse de certaines autres. Ceci a permis de limiter le nombre des cas à examiner et à respecter la contrainte de temps.

Les figures 8.4.3 et 8.4.4 montrent deux des relations analysées.

L'analyse de robustesse ainsi conduite a permis d'énoncer les conclusions suivantes (précisons que la quatrième étape d'ELDEC-TRE IS, cf. 6.2.2 a), a systématiquement été laissée de côté à ce stade du travail).

Conclusion n° 1 : a_1 est présente dans la presque totalité des noyaux.

Conclusion n° 2 : a_5 , a_6 , a_8 n'apparaissent jamais dans le noyau.

Conclusion n° 3 : lorsque a_9 apparaît dans un noyau, sa présence n'est due qu'au veto du critère 12 car, sans ce veto, on

aurait a_1 , a_9 (cela est vrai quels que soient les jeux de poids considérés sauf dans quelques cas où $s > 0,7$) ; quelle que soit la relation analysée, a_9 ne surclasse que la seule offre a_5 .

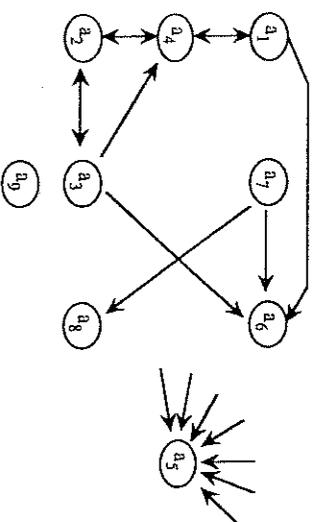


Figure 8.4.3. Relation S_1

Le jeu de valeurs ne diffère de celui de S que par $k_{12} = 5$ (au lieu de 3). L'action a_5 est surclassée par toutes les autres actions sauf a_9 .

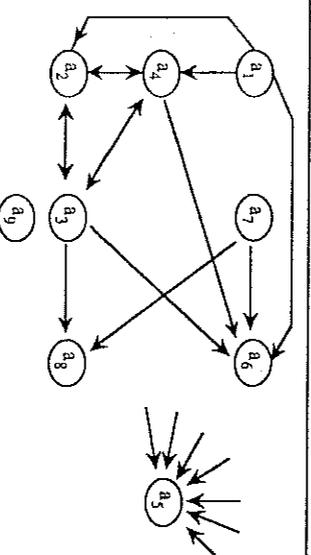


Figure 8.4.4. Relation S_2

Le jeu de valeur ne diffère de celui de S que par $v_5 = 4,5$ (au lieu de 40), $v_6 = 30$ (au lieu de 25), $v_{12} = 55$ (au lieu de 50). L'action a_5 est surclassée par toutes les autres actions sauf a_9 .

Conclusion n° 4 : $c = \{a_2, a_3, a_4\}$ constitue un groupe d'offres toujours deux à deux indifférentes et fréquemment présent dans le noyau.

Conclusion n° 5 : a_7 (généralement incomparable à c) est fréquemment présente dans le noyau.

8.5 RÉSULTATS FINAUX ET COMMENTAIRES

Les conclusions de l'analyse de robustesse ci-dessus justifient les recommandations suivantes :

- a) Dans le cas où il est exclu de construire plus d'un prototype, c'est l'offre a_1 qui mérite d'être retenue (cf. conclusion n° 1).
- b) Dans le cas où il est envisagé de construire plus d'un prototype, les offres a_3 , a_6 , a_8 , a_9 peuvent être définitivement éliminées (cf. conclusions n° 2 et 3 jointes aux spécificités de g_{12} , cf. 8.3.2).
- c) Dans le cas où il est envisagé de construire trois prototypes, ce sont les offres a_1 , a_7 et l'une des trois offres de c qui méritent d'être retenues (cf. conclusions n° 4 et 5) ; les 12 critères pris en compte ne permettent pas de différencier clairement les offres a_2 , a_3 et a_4 (pour y parvenir, on pourrait faire appel à des considérations non ou mal prises en compte par cette famille de critères). Dans la mesure où a_1 serait effectivement retenue, la sélection conjointe de a_3 paraît mieux justifiée que celle de a_2 ou a_4 car, contrairement à ces dernières, a_3 est généralement incomparable à a_1 (cette façon de raisonner a été justifiée dans le cadre de la quatrième étape d'ELECTRE IS, cf. 6.2.2 a)).

d) Dans le cas où il serait envisagé de construire deux prototypes, il convient (en raisonnant comme aux a), b) et c) ci-dessus) de sélectionner, à côté de a_1 , soit a_7 , soit une offre de c. L'offre a_7 étant difficilement comparable aux offres de c, cette option met fondamentalement en jeu le système de valeurs du "décideur".

La DGP a très rapidement pris la décision de construire deux prototypes. L'élimination de a_3 , a_6 , a_8 , a_9 n'a soulevé aucune difficulté : des raisons techniques, d'exploitation ou de coût d'investissement trop élevé jouaient nettement en leur défaveur ; aucune de ces offres n'était, de surcroît, bien classée dans le calcul de somme pondérée. La comparaison entre les offres de c et a_7 s'est soldée en défaveur de a_7 jugée trop coûteuse en investissement (cf. critère g_9 au tableau 8.3.2).

Le compte-rendu de la réunion du 11 juillet 1984 du comité d'évaluation fait état de la sélection $\{a_3, a_1\}$ (a_3 étant placée avant a_1) accompagnée des commentaires suivants :

— l'offre a_1 "a l'avantage d'être d'origine française mais présente un risque industriel important car le constructeur est uniquement un bureau d'étude ; ainsi, il est demandé d'éclaircir le montage industriel pour obtenir une garantie sur la sérénité" ;

— l'offre a_3 "présente peu de risques et possède des références ; elle est basée sur une machine de technologie étrangère ; il est demandé des garanties sur la fabrication en France de la machine".

Ce compte-rendu fait également état d'une solution de repli : a_4 (essentiellement pour le cas où les garanties demandées ci-dessus ne seraient pas obtenues pour l'une des deux offres).

Attirons en conclusion l'attention sur le fait que l'intérêt d'ELECTRE IS ne doit pas être vu comme étant strictement limité à son apport direct à la prise de décision. Dans le cas présent (mais ce qui suit n'est pas propre à ce cas), les différentes sphères de la Poste concernées par l'automatisation se sont vues, grâce à la méthodologie, impliquées dans le processus d'évaluation (définition des critères et évaluation des offres). Ainsi, les différents services de la Poste ont été amenés à bien définir et hiérarchiser leurs préférences en fonction du type de responsabilités et de compétences qui étaient les leurs. Les offres pouvaient ainsi être discutées et comparées sur des bases ayant fait l'objet d'un assez large consensus. Enfin, le choix final pouvait être clairement argumenté.