

L A M S A D E

Laboratoire de Management Scientifique et Aide à la Decision
(Université Paris IX Dauphine)

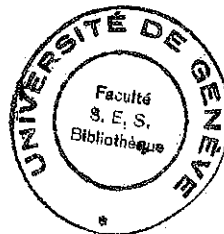
Comment choisir la localisation
d'une grande école d'ingénieurs :
l'exemple de
l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Marseille

Hachmi KHOUADJA

Bernard ROY

Juin 1975

n° 1



78 E 1204

SESU 4279

<540 416>

PLAN

INTRODUCTION

I - L'ESIM : LE PROBLEME DE SA LOCALISATION	P. 3
1. Présentation de l'école	P. 3
2. La stratégie de développement de l'école	P. 4
2. 1. Les 3 activités de l'école	
2. 2. La pédagogie à l'école	
3. Les locaux actuels et les problèmes qu'ils posent	P. 8
II - LES SITES POSSIBLES ET LES CHOIX DES CRITERES DE COMPARAISON	P.10
1. Les principaux éléments à prendre en compte pour guider le choix	P.10
1. 1. Une école dans une ville	
1. 2. Une école à la croisée des chemins	
1. 3. Une école au centre de gravité industriel de la circonscription	
1. 4. Une école proche des centres de formation	
1. 5. Une école à Marseille	
1. 6. Une école est un lieu de travail	
1. 7. Une école dans un délai rapproché	
2. Les sites proposés pour la nouvelle localisation	P.12
Site N°1 : Luminy	
Site N°2 : La Valentine	
Site N°3 : Chateau-Gombert - La Rose	
Site N°4 : Vitrolles	
Site N°5 : Aix-Pichaury	

3. Définition des critères de comparaison	P.15
Critère N°1 : L'environnement urbain	
Critère N°2 : L'environnement industriel	
Critère N°3 : L'environnement intellectuel	
Critère N°4 : Accès et capacité d'accueil	
Critère N°5 : Le coût de réalisation de l'opération	
Critère N°6 : Délai de réalisation de l'opération	
Critère N°7 : Affinité du site avec l'école telle qu'elle est	

III - LA PROCEDURE DE L'AIDE A LA DECISION:

APPLICATION D'UNE METHODE DE TYPE ELECTRE	P.18
1. Généralité	P.18
2. Elaboration et discussion des données	P.20
2. 1. Valorisation des sites	
2. 2. Importance relative des critères	
3. Recherche d'un classement des sites	P.22
3. 1. L'indice de concordance	
3. 2. Surclassement et classement	

CONCLUSION	P. 32
------------	-------

ANNEXE 1 : QUELQUES DONNEES SUR DES IMPLANTATIONS RECENTES DE GRANDES ECOLES	P.33
--	------

ANNEXE 2 : LE CONCEPT DE SURCLASSEMENT	P.34
1. Définition et propriétés	P.34
2. Construction d'une relation de surclassement	P.36
2. 1. Test de concordance	
2. 2. Test de non discordance	

BIBLIOGRAPHIE	P.39
---------------	------

INTRODUCTION

Le travail qui fait l'objet du présent rapport s'insère dans le programme de recherches entrepris au LAMSADE pour éprouver et adapter les modèles généraux d'aide à la décision en présence de critères multiples à certaines classes de problèmes particuliers* tels le choix de la localisation géographique d'une organisation (siège social, usine, école, ...).

Ce travail (entrepris par Monsieur H. KHOUADJA dans le cadre d'un mémoire de 3ème cycle) devait aider à décider du meilleur emplacement des futurs locaux d'une grande école d'ingénieurs : l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Marseille. Il a donc fallu tout d'abord comprendre ce qu'était la stratégie de développement de l'école, en quoi les locaux actuels posaient un problème et qui intervenait pour le résoudre. Cette analyse faite (cf. I) il a fallu (cf. II) cerner les principaux éléments à prendre en compte pour guider le choix, étudier les différents sites possibles et définir une famille cohérente de critères admissible par tous les acteurs du processus.

Cette première partie de l'étude a nécessité de nombreux entretiens dont quelques uns avec des représentants d'autres écoles ayant eu des problèmes analogues (cf. annexe 1).

Dans le reste de l'étude (cf. III), l'accent a été mis sur :

- une valuation de chaque site sur chacun des 7 critères qui exploite au mieux l'information disponible,
- une comparaison des sites grâce à des relations de surclassement (cf annexe 2) ; ce procédé (employé dans les méthodes ELECTRE) a l'avantage de ne pas faire dire aux données plus qu'elles ne peuvent (notamment en ce qui concerne l'importance relative des critères, laquelle peut varier selon l'acteur considéré).

Une étude élémentaire des relations de surclassement ainsi construites a mis en évidence le fait que l'un des sites (celui de Château-Gombert-La Rose à Marseille) était incontestablement (et ce, pour divers types de pondérations) meilleur que les quatre autres. En revanche, il apparaît difficile d'en

* Ce type de mise à l'épreuve et d'ajustement aux problèmes du monde réel, est, en sciences du management, indispensable à la bonne conduite de recherches plus fondamentales (portant sur les modèles et sur les méthodologies) menées en parallèle.

trouver un qui s'impose (comme second) parmi ces derniers : le résultat de leur comparaison deux à deux n'est pas fiable eu égard à la signification des données (ce qui ne signifie nullement que ces quatre sites soient équivalents).

Précisons enfin que, étant donné le très petit nombre de sites, on n'a pas jugé utile de recourir à des techniques plus sophistiquées pour tirer parti des relations de surclassement. Il existe des procédures qui, de façon plus systématique, permettent de traiter dans le même esprit des relations de surclassement mettant en cause un grand nombre (des centaines s'il le faut) de sites ou de modes d'implantation sur ces sites. Ici, elles étaient inutiles.

I - L'E.S.I.M. : LE PROBLEME DE SA LOCALISATION.

1 - PRESENTATION DE L'ECOLE.

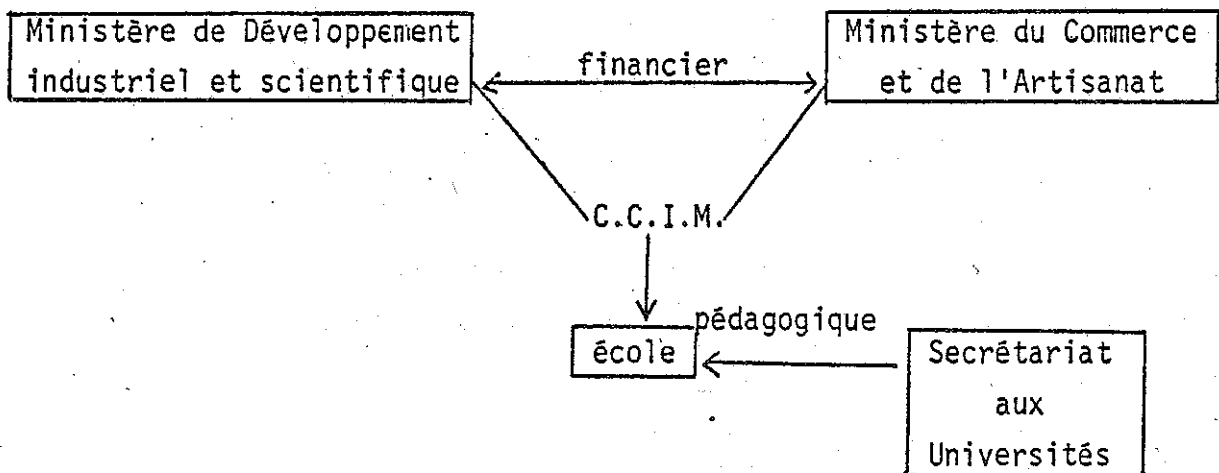
L'Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Marseille est une grande école polyvalente issue d'un regroupement de 3 écoles d'ingénieurs.

- une école polyvalente : l'Ecole d'Ingénieurs de Marseille (E.I.M.)
- et deux écoles "spécialisées" : l'Ecole de Radio-électricité et d'Electronique de Marseille (E.R.E.M.)

l'Ecole d'Electricité industrielle de Marseille (E.E.I.M.).

Elle est administrée par un établissement public, la Chambre de Commerce et d'Industrie de Marseille (la C.C.I.M.) et bénéficie de l'appui de trois départements ministériels :

- le Ministère de l'Industrie et de la Recherche,
- le Ministère du Commerce et de l'Artisanat,
- le Secrétariat d'Etat aux Universités.



Le 24 janvier 1972 lorsque l'école a été créée, il lui a été notamment demandé de travailler en vue :

- d'élever la qualité de l'enseignement,
- d'améliorer les relations de l'école avec le monde industriel,

- de répondre de façon mieux adaptée à la forte demande d'hommes qualifiés née du développement industriel de la région,
- de former pour 1980 300 élèves-ingénieurs en formation initiale et plus d'une centaine de professionnels en formation permanente,
- de développer la recherche appliquée sous contrat et l'assistance technologique (essais, mesures, etc ...).

C'est sur la base de ces orientations à moyen terme que la nouvelle direction a défini en 1973, la stratégie de développement de l'école (cf. 2) laquelle s'est avérée incompatible avec les locaux dont elle avait hérité (cf. 3).

2 - LA STRATEGIE DE DEVELOPPEMENT DE L'ECOLE.

D'après ANSOFF (cf. ANSOFF (1))

"La stratégie est envisagée comme un facteur destiné à faire passer l'organisation de sa situation actuelle à celle que lui assignent ses objectifs, dans le cadre de ses aptitudes et de son potentiel".

C'est dans cet esprit que nous allons maintenant décrire la raison d'être des trois activités de l'école et la manière de les développer grâce à une pédagogie appropriée.

2. 1. Les trois activités de l'école.

L'E.S.I.M. est appelée à devenir :

- un pôle structuré d'innovation et de formation continue,
- un outil de développement socio-économique et un instrument de la politique d'aménagement de l'aire métropolitaine marseillaise et du Grand Delta,
- la grande école d'ingénieurs de la façade méditerranéenne en acquérant une dimension régionale, nationale et internationale.

De là découlent les trois activités attribuées à l'école.

2. 1. 1. La formation initiale des ingénieurs :

Par cette activité, elle cherche à promouvoir les études, le savoir-faire, les attitudes amenant les élèves à devenir :

- des ingénieurs de conception, de développement, de réalisation,

- sachant "penser système", concevoir et réaliser des systèmes
- autonomes, capables de se prendre en charge, capable d'initiative
- connaissant certaines théories, capables d'en apprendre d'autres et dans les deux cas de les mettre en pratique
- innovateurs méthodologiques
- comprenant et maîtrisant les mécanismes des processus de décision
- concernés par le futur et donc intéressés par les prévisions
- responsables et préoccupés de leur activité.

2. 1. 2. La formation continue.

Elle correspond à deux catégories de besoins tout à fait distincts :

- actions de promotion sociale et recyclage
- actions d'information sur des techniques de pointe destinées à des ingénieurs de haut niveau. Elles prennent la forme de sessions de courte durée dans un domaine très spécialisé.

Engagée en collaboration avec divers organismes de la région, elle vise à étayer l'action de l'E.S.I.M. et à l'intégrer aux efforts d'autres établissements de la région.

2. 1. 3. La recherche industrielle et l'assistance technologique.

Quatre unités de recherches fonctionnent actuellement :

- électronique des courants forts
- génie civil
- bio-ingénierie
- helio-ingénierie.

Cette activité de prestations de service pour le compte de l'industrie a contribué à renforcer le lien entreprise-école.

L'un des importants axes de recherche est l'utilisation de l'énergie solaire dans l'habitat. Il pourrait donner lieu à des développements très importants compte tenu des immenses possibilités qu'elle devrait révéler, liées à l'utilisation possible d'une nouvelle source d'énergie.

Cette mission doit conduire l'E.S.I.M. à devenir un des éléments déterminants du capital technologique national, au service de l'économie nationale, pour le compte de la collectivité régionale.

2. 2. La pédagogie à l'école.

La mise en oeuvre de tous les moyens de nature à favoriser le développement de la créativité chez les élèves est apparue prioritaire compte tenu des orientations précisées au paragraphe 1. En effet du point de vue pédagogique elles incitent à :

- diversifier les structures individuelles d'apprentissage (réduction des enseignements magistraux, extension des travaux d'application et des recherches personnelles ou en petits groupes)
- ouvrir davantage l'école sur le monde extérieur
- donner une formation à la dimension de l'activité de l'ingénieur.

2. 2. 1. Diversification des structures individuelles d'apprentissage.

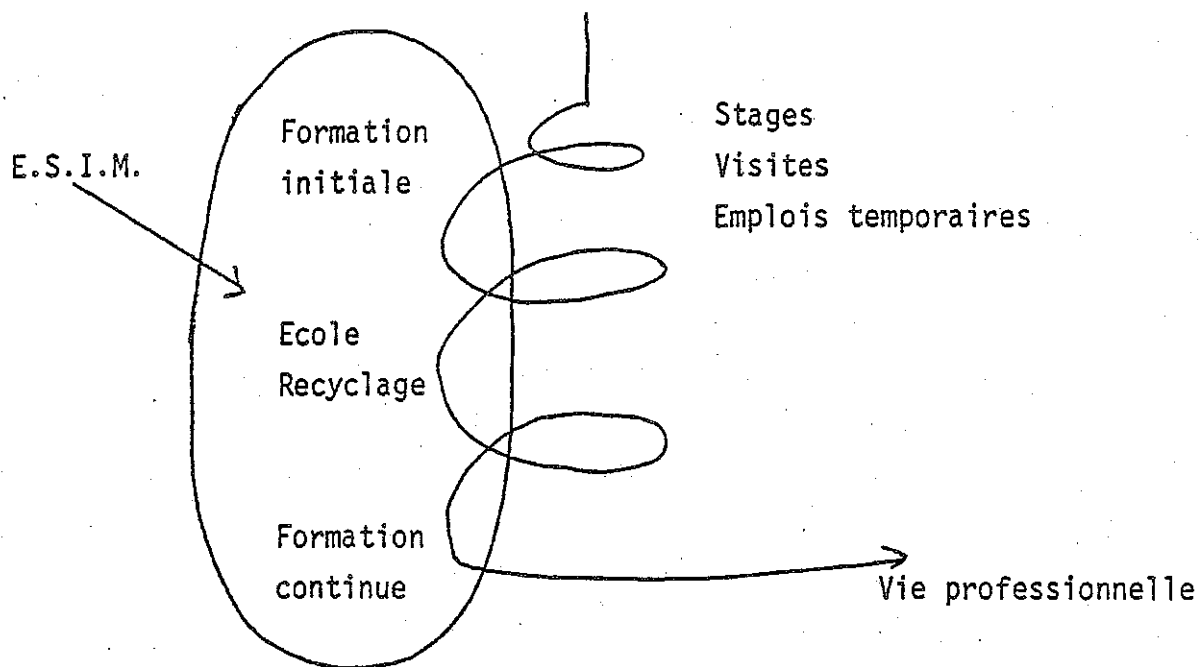
Dès octobre 1973, la formation d'ingénieurs à l'E.S.I.M. est divisée en un certain nombre de "modules d'enseignement", condensés dans le temps, animés le plus souvent par une équipe de cinq chargés d'enseignement dont l'un est responsable du module. Certains modules sont regroupés en grands domaines d'enseignements et confiés à des coordinateurs ; de même que l'ensemble des enseignements relevant d'une option sont sous la responsabilité d'un coordinateur. Enfin, la cohérence pédagogique pour l'ensemble des trois années et le développement des méthodes pédagogiques sont assurés par un directeur de la pédagogie.

Plus du quart du temps de formation est consacré aux enseignements non directement scientifiques et techniques : économie, psychologie, gestion, langues, ...

En effet le rôle de l'ingénieur a considérablement évolué, il ne s'agit plus, pour lui, d'un métier relevant de la pure technique, mais d'une mission dans laquelle l'ingénieur est également concerné par les problèmes sociaux et économiques.

2. 2. 2. Ouverture sur l'extérieur.

La formation à l'école peut être envisagée comme l'amorce d'un cycle comportant des phases de formation et des phases de "production" se succédant plus ou moins régulièrement.



L'école :

- place actuellement 200 élèves par an en stage intégré (7 mois de stage au cours d'une scolarité de 30 mois). Par ailleurs, les élèves sont amenés, pendant les périodes scolaires se déroulant à l'école à travailler sur des projets réels, proposés par des entreprises et en liaison étroite avec elles.
- accueille environ 180 enseignants à temps partiel, dont la majorité (85 %) sont des responsables industriels.
- reçoit chaque année plusieurs centaines de professionnels, ingénieurs et techniciens, en formation continue.
- travaille sur contrat en recherche industrielle.

Ceci implique au niveau des équipements la nécessité pour l'école de suivre et même parfois de devancer un progrès technique qui conduit à des équipements toujours nouveaux et donc souvent imprévisibles. Il convient donc de prévoir des locaux susceptibles d'un maximum de possibilités d'adaptation.

2. 2. 3. Ouverture internationale : Donner une formation à la dimension du champ de l'activité de l'ingénieur.

L'E.S.I.M. entend participer à la vocation du S-E français à constituer un pôle d'échanges pour les pays du bassin méditerranéen et de l'Afrique. Elle souhaite offrir, pour sa part, une plateforme d'échanges technologiques avec ces pays et oriente une part de son activité de recherche industrielle vers la mise au point de technologies appropriées.

Ce dernier choix suppose l'établissement de nombreux contacts avec des entreprises et des universités étrangères, le développement d'actions associées dans l'enseignement et la recherche, des locaux disponibles pour recevoir les étrangers.

3 - LES LOCAUX ACTUELS ET LES PROBLEMES QU'ILS POSENT.

Etant issue d'un regroupement d'établissements séparés, l'E.S.I.M. fonctionne actuellement sur deux sites marseillais, l'un situé Bd de la Libération, l'autre dans le quartier de Saint Barnabé. Cette structure matérielle :

- introduit une coupure de fait néfaste à la circulation de l'information, à l'organisation des cours, à la cohésion du personnel, aux échanges entre élèves.
- introduit un fossé entre "théorie" et "pratique" qui correspond à la coupure "amphi" au Bd de la Libération et "labos" à St Barnabé.
- handicape les échanges et rend difficile l'innovation pédagogique notamment du fait de la conception vétuste de la plupart des bâtiments.
- prive de laboratoires deux des trois options de l'école (génie civil, génie thermique) ainsi que l'Institut Supérieur du Béton Armé (I.S.B.A.)
- empêche d'organiser convenablement des manifestations techniques dans les murs de l'E.S.I.M., et les centres de recherche aux yeux des industriels soutiennent difficilement la comparaison avec ceux des autres grandes écoles françaises.
- ne permet pas d'organiser un enseignement individualisé. Il est impossible de trouver des salles de dimensions convenables pour des petits groupes. L'architecture de cet ensemble n'est pas faite pour relever l'image de marque de l'école.

La remise en état de certains locaux, quand elle est possible techniquement, n'est qu'une solution transitoire et coûteuse.

C'est pour palier à ces inconvénients que la C.C.I.M. a décidé en 1972 de transférer l'école au Campus universitaire de LUMINY. Cette décision entre dans le cadre des rapports que la C.C.I.M. entretient avec la Mairie de Marseille. Elle n'avait pas été prise en tenant compte des caractéristiques et de la stratégie avenir de l'école. A l'époque ceci a suscité des réactions, notamment de la direction de l'école, des élèves et surtout anciens élèves qui veulent donner une meilleure image à leur école et une image qui la différencie de celle de l'Université. C'est pour résoudre ce conflit que différents sites ont été proposés, et un problème de choix s'est trouvé ainsi posé.

Plusieurs acteurs importants interviennent dans le processus de décision, qui doit aboutir à choisir la nouvelle localisation. La C.C.I.M. apparaît comme étant le décideur. Elle doit cependant prendre les avis des autres acteurs :

- la direction de l'école à qui il appartient notamment de faire des études et des propositions à la C.C.I.M.,
- les associations des anciens élèves et des élèves,
- le personnel de l'école,
- la municipalité de Marseille,
- la DATAR (délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale).
- les autorités de tutelle de la C.C.I.M. et de l'Ecole (Ministère du Commerce et de l'Artisanat, ministère de l'industrie et de la Recherche, ...).
- etc,

II - LES SITES POSSIBLES ET LES CHOIX DES CRITERES DE COMPARAISON.

1 - LES PRINCIPAUX ELEMENTS A PRENDRE EN COMPTE POUR GUIDER LE CHOIX.

Nous allons à partir des orientations à moyen terme de l'école (cf. § I. 1.) essayer de dégager un certain nombre de facteurs qui sont à prendre en compte pour choisir la nouvelle localisation. Ces facteurs ou éléments de choix déduits à partir de nos entretiens avec les principaux acteurs de décision vont nous permettre d'établir une famille cohérente de critères de choix (cf. § 3 de la présente partie). Ils sont au nombre de sept :

- | | |
|--|--|
| une école
dans une
ville | 1. 1. L'école doit être une cellule vivante de la ville, du quartier. Ainsi, elle pourra bénéficier d'échanges quotidiens tant avec la vie culturelle et scientifique que sociale. Le futur ingénieur a besoin de se rôder aux rapports humains, à leur apparente facilité mais aussi à leur complexité. |
| pas de caserne
même améliorée | Les élèves se sont spontanément prononcés contre la solution "campus". Leur argumentation devrait être prise en considération par son sérieux et sa solidité. Elle tient en deux points : |
| les élèves
contre le
campus | <ul style="list-style-type: none">- Nous ne voulons pas d'un milieu "artificiel" qui accentuerait notre état de mineur et risquerait de retarder encore notre ascension aux responsabilités d'adultes.- L'école doit être ouverte. Si elle donne, elle doit recevoir et pas seulement dans le domaine de sa spécialité. |
| une école
à la croisée
des chemins | 1. 2. Le site doit avoir des liaisons rapides avec Marseille et le reste de la France. Il est souhaitable qu'il soit proche de tous les moyens de transport en commun (routier, rail, aérien). |
| une école au
centre de
gravité | 1. 3. Comme on l'a montré dans la 1ère partie, l'environnement industriel constitue l'un des éléments le plus important de la stratégie de l'école. En effet : |

industriel de la
circonscription.
L'E.S.I.M. est un
point de départ
pour des élèves
qui apprennent
le métier
d'ingénieur.

- Les zones d'activité industrielle sont le tissu pédagogique privilégié pour aborder la vie technique et économique.
- Les zones d'activité industrielle sont le moteur d'une adaptation constante de l'E.S.I.M. aux besoins des utilisateurs.
- Les zones d'activité industrielle sont le support indispensable au développement de l'E.S.I.M.

E.S.I.M. près
des centres
de formation et
d'enseignement
supérieur

1. 4. L'ingénieur est un homme de métier mais avant tout un homme qui a besoin dans certains cas de compléter sa formation en psychologie, sociologie, en management, ... Il a besoin de discuter avec des étudiants qui ont des profils différents, d'assister à des conférences, etc ...

rester
à Marseille

1. 5. En ce qui concerne le personnel, par exemple, il semble important d'éviter que, du fait de la distance ou des difficultés de communications des demandes de relogement ou d'indemnités puissent se trouver justifiées. Le coût de l'opération s'en trouverait augmenter d'une manière sensible.

limiter
l'école à
un lieu de
travail

1. 6. Le coût de la réalisation comprend :

- prix du m² viabilisé
- terrassement qui est fonction de la nature du terrain
- équipement : la mise en commun d'équipements privés (amphis, matériel pédagogique) avec d'autres établissements, la banalisation d'équipements sportifs, etc ... peuvent réduire considérablement les dépenses d'investissements.

Il faut évoquer ici le problème de la maison des élèves. Certaines grandes écoles (ex. Ecole Centrale de Paris) regrettent d'avoir implanté les résidences sur le site.

une implan-
tation nouvel-
le dans des
délais rap-
prochés

1. 7. Compte tenu des considérations qui précèdent, un délai de réalisation très long risque de paralyser l'école. L'école est loin deréaliser ses objectifs. Elle subit de plus en plus la concurrence des autres établissements d'enseignement supérieur et de formation continue qui ont intégré les nouvelles

méthodes pédagogiques dans leur programme. L'E.S.I.M. s'adapte de plus en plus difficilement à son environnement qui est sans cesse en mouvement. Si elle n'avance pas, elle recule.

2 - LES SITES PROPOSES POUR LA NOUVELLE LOCALISATION.

Cinq sites sont proposés pour la future école d'ingénieurs de la façade méditerranéenne. Cela témoigne de l'importance qu'on accorde à cette école à la fois sur le plan régional et national.

- 3 sites sont proposés par la mairie de Marseille . Juin 1974.
 - . le campus universitaire de LUMINY
 - . LA VALENTINE
 - . CHATEAU-GOMBERT - LA ROSE
- un site proposé par la DATAR (délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale). 31 octobre 1973.
 - . il s'agit de VITROLLES
- et un 5ème site près d'Aix-en-Provence présenté par l'association des anciens élèves.
 - . PICHAURY

Dans ce paragraphe, nous allons présenter les sites et essayer de dégager leur caractéristique sur les plans économique et social.

Site N° 1 LUMINY :

- c'est un campus situé à 8 kms du centre ville.
- à l'opposé de l'axe de développement industriel de Marseille (Marseille Nord, Gardanne, Aix-les-Mille, Etang de Berre, Marignane, Vitrolles, Fos, etc...) ce qui va à l'encontre de l'ouverture pratiquée par l'E.S.I.M. (pédagogie intégrée dans la vie économique, recherche industrielle, etc...).
- à l'opposé des centres urbains de vie culturelle (Marseille, Vieux Port, Aix). Les transports urbains sont rares (plus de 35 mn du centre aux heures de pointe).
- à LUMINY, on trouve la Faculté des Sciences, l'Ecole d'Art et d'architecture, l'Ecole Supérieure de Commerce et d'Administration des entreprises, le bureau de recherches géologiques et minières, le centre d'informatique de l'administration de de l'assistance publique de la ville de Marseille, et une cité universitaire de 1500 places.

- LUMINY est loin des lieux d'accès ouverts sur le reste du pays (aéroports, gares, autoroutes) ce qui entrave le développement des manifestations scientifiques et techniques.
- le coût de réalisation est assez faible. La C.C.I.M. a pris option sur le terrain, très bon marché, mais qu'il faudrait remblayer. Il y a possibilité d'équipements communs. Cité universitaire, amphis, bibliothèques, ensemble sportif, etc...

Site N° 2 LA VALENTINE

- C'est une zone industrielle (à Marseille) située sur la vallée de l'Huveaune.
- C'est un quartier non loin du centre de Marseille. Le cadre urbain est assez agréable.
- L'accès n'est pas difficile. C'est un terrain encadré par une rocade et une autoroute. Seulement il est un peu loin de l'aéroport et pas de projet de métro à court terme.
- Liaisons difficiles avec les autres établissements d'enseignement supérieur situés à Luminy et à St Jérôme.
- Le terrain est relativement cher. Le prix du m² est de l'ordre de 100 Frs et sans doute plus élevé puisqu'il s'agit de terrain à bâtir.

Site N° 3 CHATEAU GOMBERT-LA ROSE

- C'est un quartier en pleine évolution, très agréable.
 - Très bien relié avec les centres d'activité industrielle (La Valentine, les ports, les quartiers Nord, Fos, Aix-en-Provence, etc....)
- La L2 (achevée en 1975 jusqu'à La Rose) relie Château Gombert-La Rose aux ports et aux quartiers Nord de Marseille. Le métro et la radiale autoroutière qui le double relieront dès 1977 le site au Vieux Port.
- La CD 4, voie rapide à 4 voies, reliera en 1980 le site à la La Valentine et Aubagne et de là, à Toulon, la Ciotat.
- Liaison rapide avec l'aéroport international de Marseille-Marignane.
 - Proximité de la Faculté de St Jérôme et de St Charles : Héliophysique, échanges thermiques, Ecole Supérieure de Chimie,

- Le personnel permanent de l'école n'aura pas à être transplanté ou modifié, vu la proximité du site et de St Barnabé.
- Le prix du terrain est de 20 Frs le m², avec possibilité d'utiliser un terrain de sport qui va être construit par la mairie aux environs de l'école.

Site N° 4 VITROLLES

Il s'agit d'implanter l'école au milieu d'une ville nouvelle

"Le Griffon" située à 25 kms de Marseille.

- C'est une des plus importantes zones industrielles de l'aire métropolitaine marseillaise. Le développement irréversible de la zone Nord Ouest va en faire le centre de gravité industriel de circonscription (schéma directeur d'aménagement de l'aire métropolitaine marseillaise).
- Le site du "Griffon" est au coeur d'un des neuf projets français de "villes nouvelles" pour la décennie. L'E.S.I.M. implantée au milieu de cette ville peut constituer l'un des pôles de développement de ce milieu urbain nouveau.
- Le support administratif est constituée par :
 - . Le groupe central des villes nouvelles, organe interministériel doté de moyens puissants (gestion du programme finalisé des villes nouvelles, qui dispose d'une ligne budgétaire individualisée, secrétariat rattaché au Ministère de l'Équipement).
 - . La D.A.T.A.R.
 - . L'établissement public pour l'aménagement des rives de l'Étang de Berre.
- Les activités culturelles et de formation sont amenées à se développer dans les années à venir (parc urbain, équipements sportifs,) - Développement sur le site proprement dit du Centre régional du secteur tertiaire de production, par opposition au tertiaire décisionnel du centre directionnel de la métropole de Marseille.

Des bureaux parcs (10 000 m²) abriteront :

 - des laboratoires (ex. Le CEMEREX qui s'installe actuellement à la périphérie du centre régional)
 - un grand centre de traitement informatique
 - des bureaux d'études

- L'accès à partir de Marseille et du reste de la France est facile et rapide. Proximité de l'aéroport de Marignane. Voie rapide Griffon-Aix (doublement de la CD 9). Autoroute du Nord, autoroute du littoral (1977 ...).
- Le coût du terrain est de l'ordre de 15 F le m².

Site N° 5 AIX-EN-PROVENCE : PICHIAURY

- C'est un site près de la zone industrielle "Les Milles"
- Sur la route Aix-Marignane
- Le cadre urbain est assez agréable, le site est dans une zone verte protégée.
- Les liaisons avec Marseille et le reste de la France sont rapides.
- C'est un site proche du centre universitaire d'Aix-en-Provence, de l'un des 6 centres d'arts et métiers, des centres de recherche de tertiaire supérieur.
- Le coût du terrain est de l'ordre de 20 F le m².

3 - DEFINITION DES CRITERES DE COMPARAISON.

La comparaison des 5 sites proposés doit se faire conformément aux principes généraux du II. § 1. Ceci nous a conduit à définir 7 critères. Pour chacun d'eux nous avons adopté une échelle allant de 0 à 10. Les valuations correspondantes figurent au tableau 2.

Critère N° 1 : L'environnement urbain.

Ce critère rend compte du caractère plus ou moins favorable de :

- la position du site par rapport aux grandes agglomérations : Marseille, Aix.
- l'environnement immédiat de l'école : l'habitat, animation, population, loisir, cadre urbain.

Le site pour lequel ces 2 facteurs sont très favorables (Chateau-Gombert) obtient la meilleure notation (ou le meilleur rang). Nous voyons que la formule campus universitaire est très mal cotée sur le second facteur environnement immédiat pour les raisons que nous avons exposées ci-dessus ; pour le site de LUMINY, elle se conjugue avec une position défavorable par rapport aux grandes agglomérations, d'où une très mauvaise évaluation de ce site (soit 2).

Critère N° 2 : L'environnement industriel.

Ce critère traduit la plus ou moins bonne adéquation de l'environnement industriel avec l'école. La meilleure notation (ou meilleur rang) sera par conséquent attribuée au site qui se situe au centre de gravité industriel de la criconscription (Vitrolles). Les autres sites sont évalués en fonction de leur distance par rapport à ce point. Plus la distance est grande, plus la valeur du site sur ce critère est faible.

Critère N° 3 : L'environnement intellectuel.

Ce critère est défini par ces trois facteurs :

- proximité des centres d'enseignement supérieur, de préférence non théorique,
- proximité des unités de formation continue,
- proximité des centres de tertiaire supérieur : bureaux d'études, centre d'informatique, etc

Le site d'Aix étant particulièrement bien situé par rapport à ces 3 facteurs a obtenu la note 10.

Critère N° 4. Accès et capacités d'accueil.

Ce critère prend en compte :

- la position, par rapport aux grands moyens de communications : autoroutes, aéroport, gare S.N.C.F.
- la capacité d'accueil : hotels, salles de cinéma, salles de conférences.
- la qualité du service de transport en commun. Elle peut être appréhendée par exemple par le temps d'accès, la fréquence du service.

Chaque site est noté en fonction de ces 3 facteurs pondérés, selon l'importance accordée à chacun d'eux. Cette pondération a été fixée à 1 pour le premier facteur, 2 pour le second et 3 pour le 3ème. Aix obtient une bonne évaluation mais inférieure à celle de Château-Gombert qui est mieux positionné sur les 3 facteurs.

Critère N° 5 : Le coût de réalisation de l'opération.

Plus le coût apparaît comme susceptible d'être élevé, plus la note est faible. Sur ce critère Luminy obtient la meilleure note : 5 ha de terrain sont donnés par la mairie de Marseille avec une possibilité d'utilisation des constructions de l'E.S.C.A.E.M. (Ecole Supérieure de Commerce et d'Administration des Entreprises), organisme administré lui aussi par la C.C.I.M.

Critère N° 6 : Délai de réalisation de l'opération.

Plus le délai paraît court, plus la note est élevée sur ce critère. Luminy obtient l'évaluation la plus élevée étant donné qu'une décision a été déjà prise en sa faveur en 1972 par la C.C.I.M.

Critère N° 7 : Affinité du site avec l'école telle qu'elle est.

Ce critère vise à exprimer le coût du changement, le coût de déplacement physique à la fois du personnel administratif et du personnel enseignant. Ce critère est une sorte d'aggrégation des éléments qui interviennent dans les préférences des utilisateurs. Ce critère favorise les sites qui sont à Marseille au détriment de ceux qui sont à l'extérieur.

Tels que ces critères sont définis la valuation des sites sur chacun d'eux pose encore des problèmes. Nous y reviendrons (cf. III § 2.). Enfin ces critères forment une famille cohérente (cf. ROY (7)), en effet, il est facile de vérifier que :

1°) Deux sites qui donneront les mêmes évaluations sur les sept critères peuvent être considérés comme équivalents. S'ils doivent être différents, ce sera en fonction des considérations très particulières dont on ne voit pas comment elles pourraient être érigées en un 8ème critère.

2°) Si deux sites sont équivalents sur 6 critères, on sait les comparer en fonction du 7ème critère.

3°) Aucun critère ne peut être retiré. Ce retrait pourrait conduire à considérer comme équivalent 2 sites qui aurait la même évaluation sur les 6 autres critères alors qu'il y aurait néanmoins lieu de préférer l'un à l'autre du fait du 7ème critère disparu.

III - LA PROCEDURE DE L'AIDE A LA DECISION : APPLICATION D'UNE METHODE DU TYPE ELECTRE.

1 - GENERALITE

Une méthode pour résoudre ce problème consiste à attribuer à chaque site 7 notes entre 0 et 10 correspondant à différents critères, puis à choisir comme étant le meilleur site celui qui obtient la somme la plus élevée. On peut enrichir la méthode en attribuant des poids différents aux critères afin de tenir compte de leur importance relative. La somme pondérée remplace dans ce cas la somme précédente (simple).

Ces méthodes risquent - tant avec que sans pondération - de mener à des résultats contestables. Soulignons-en les trois principaux obstacles :

- d'abord une forme additive pour représenter les préférences du décideur, est une hypothèse qui mérite vérification. On sait que des conditions très précises (indépendance au sens de préférence de toute paire de critères de la famille cohérente) doivent être satisfaites. Celles-ci impliquent en particulier l'indépendance des contributions de chaque critère à l'utilité globale.
- ensuite, une connaissance imparfaite des préférences du décideur, principalement pour ce qui relève de la manière dont peut s'opérer la compensation (dans une forme additive prise comme approximation acceptable) entre un gain sur un critère et des pertes sur plusieurs autres, en tenant compte de leur amplitude et des divers niveaux auxquels ces gains et pertes se situent. Faisant observer en outre que les poids sont définis avec une marge d'imprécision assez grande et que du fait de leur multiplication par des notes le résultat risque de n'être pas significatif.
- enfin, une information imprécise pour caractériser chaque site selon chaque critère. En effet malgré l'effort entrepris pour définir les critères et la valuation de chaque site sur chaque échelle, les notes finales restent largement subjectives, fondées sur des calculs approximatifs. La

multiplications de telles notes par des poids eux-mêmes empiriques, conduit à des termes (de la somme) dont la précision est tout à fait illusoire.

Il ressort de ce qui précède que le simple calcul de sommes pondérées est insuffisant pour prouver scientifiquement qu'un site est préférable aux quatre autres et a fortiori pour établir un classement des préférences sur l'ensemble des sites. C'est pourquoi nous avons eu recours à une méthode prenant appui sur le concept de "relation de surclassement" tel qu'il est défini dans (ROY (8) (9)).

L'application de ce concept au problème présent conduit à dire qu'un site s' surclasse un site s si les évaluations de s' et de s sur les 7 critères permettent d'établir de façon suffisamment objective et non contestable (eu égard notamment à l'imprécision des données et au caractère flou des préférences) que :

" s' est au moins aussi bon que s ".

Pour définir les cas dans lesquels la proposition ci-dessus est acceptable, on pourrait songer à utiliser des sommes pondérées mais on voit mal comment échapper aux critiques précédentes. C'est pourquoi les relations de surclassement dont il va être question au § 3. ci après sont définies conformément à la technique utilisée dans les méthodes ELECTRE (élimination et choix traduisant la réalité).

De façon très approximative, précisons qu'elle consiste à asseoir le surclassement sur une comparaison faite critère par critère ; pour que s' surclasse s il est nécessaire que :

- s' soit au moins aussi bon que s sur une "majorité" de critères (cette notion de majorité doit tenir compte de l'importance relative des critères).
- s' ne soit sur aucun critère trop nettement plus mauvais que s .

Pour plus de précision sur ces techniques de construction de relation de surclassement (cf. annexe 2). Ces techniques (quelles qu'elles soient) visent avant tout à tirer parti des données dans ce qu'elles ont de fiable (ordre de grandeur, importance relative, comparaison de différence, ...) et à éviter de faire jouer un rôle déterminant à la part d'arbitraire qu'elles peuvent comporter. C'est dans cet esprit que nous allons étudier la valuation des 5 sites sur chacun des 7 critères ainsi que l'importance relative de ces derniers. A partir des données ainsi précisées, nous établirons divers relations de surclassement dont nous verrons qu'elles permettent d'éclairer le choix .

2 - ELABORATION ET DISCUSSION DES DONNEES.

2. 1. Valuation des sites

Sur la base de ce qui a été dit au II, nous avons cherché à classer les sites de 1 à 5 avec des ex aequo éventuels sur chacun des critères, ceci nous a conduit au Tableau 1 ci-après, à propos duquel les seules contestations possibles sont le départage éventuel de certains ex-aequo.

Si on se contente de ce classement, on ne traduira pas toute l'information qui est contenue dans l'analyse qui était faite lorsqu'on a proposé d'attribuer une valuation pour chaque site. Les règles qui ont été décrites au II. 3. ne permettent pas de définir mathématiquement cette note. Dans tous les cas la note laisse une part d'arbitraire qu'il faut chercher à réduire autant que cela est possible. Une technique à laquelle on peut songer pour cela, consiste à vérifier que l'écart des valuations de 2 sites sur un même critère est d'autant plus fort que la supériorité d'un site sur l'autre apparaît plus grande, autrement dit on peut chercher à rendre les différences des valuations représentatives des différences de préférences.

C'est ce principe (de construction d'une graduation (cf. ROY (7)) qui nous a guidé pour construire le Tableau 2 et que l'on a appliqué systématiquement en prenant comme point de référence la valeur 10 attribuée au site classé premier sur chaque critère. Prenons par exemple les 2 sites Luminy et Valentine, ils sont respectivement classés 5ème et 4ème sur le critère environnement industriel ; un rang seulement les sépare mais 5 points (sur une échelle de 10) séparent leur évaluation respective, alors que Vitrolles et Aix-Pichaury qui sont eux aussi classés l'un après l'autre sur le même critère ont seulement deux points de différence, car sur ce critère la supériorité de Vitrolles sur Aix paraît nettement moins accusée que celle de Valentine sur Luminy.

2. 2. Importance relative des critères.

Il s'agit d'apprécier cette importance non pas en introduisant des poids qui multiplient des notes mais simplement des poids dont l'addition permettra d'apprécier l'importance d'un sous groupe de critères.

Cette importance peut dépendre évidemment des différents acteurs. Seulement compte tenu de la manière dont les critères ont été établis, on voit mal en vertu de quel raisonnement, on pourrait justifier des différences très importantes entre les critères.

Pour ces raisons, il nous semble intéressant d'étudier une

Tableau 1 : Classement des sites selon chaque critère.

Critère Sites	Environ ^t urbain	Environ ^t indust.	Environ ^t intel.	Accès et accueil	Coût de Réal.	Délai de Réal.	Affinité du site	Total
	1	2	3	4	5	6	7	
LUMINY	5è	5è	3è	5è	1er	1er	4è	24
VALENTINE	2è	4è	4è	4è	5è	2è	2è	23
CHATEAU GOMB.	1er	3è	2è	1er	3è	2è	1er	13
VITROLLES	4è	1er	5è	3è	2è	4è	5è	24
AIX PICHAURY	2è	2è	1er	2è	4è	5è	3è	19

Tableau 2 : Valuations des sites sur chaque critère.

Critère Sites	Environ ^t urbain	Environ ^t indust.	Environ ^t intel.	Accès et accueil	Coût de Réal.	Délai de Réal.	Affinité du site	Total
	1	2	3	4	5	6	7	
LUMINY	2	0	6	1	10	10	3	32
VALENTINE	8	5	4	3	0	7	8	35
CHATEAU GOMB	10	6	8	10	6	7	10	57
VITROLLES	4	10	2	5	8	2	2	33
AIX PICHAURY	8	8	10	8	4	1	5	44

Tableau 3 : Définition des pondérations de base.

Critères ids	Environ ^t urbain	Environ ^t ind.	Environ ^t intel.	Accès et accueil	Coût de Réal.	Délai de Réal.	Affinité du site	Total
	1	2	3	4	5	6	7	
s N° 1	1	1	1	1	1	1	1	7
s N° 2	1	1	1	1	2	2	1	9
s N° 3	2	2	1	1	1	1	1	9
s N° 4	3	3	2	2	3	3	2	18

pondération N°1 qui consiste à donner la même importance à chaque critère (le même poids dans la procédure de vote). Mais certains acteurs peuvent contester cette pondération, car ils peuvent estimer logique de privilégier 1 ou 2 critères. Les critères qui nous sembleraient être légitimes de vouloir privilégier nous ont paru être : le critère "environnement urbain", le critère "délai" le critère "coût" et le critère "environnement industriel" ; c'est pourquoi nous avons introduit deux autres pondérations (cf. tableau 3). L'une consiste à donner au sous-groupe constitué par les deux critères "coût" et "délai" une importance presque aussi forte que celle accordée aux cinq autres critères réunis. La troisième consiste à faire de même relativement au sous-groupe formé par les deux critères d'environnement urbain et industriel.

Ce sont là deux pondérations extrêmes que nous avons jugées utile de compléter par une quatrième (intermédiaire) privilégiant les quatre critères (1, 2, 5, 6) en attribuant à chacun le même poids, sans pour autant trop défavoriser les trois autres critères.

A partir de ces quatre pondérations de base, nous verrons qu'il est facile d'étudier la sensibilité du résultat à une variation des poids d'un ou deux critères.

3 - RECHERCHE D'UN CLASSEMENT DES SITES.

L'élaboration de relation de surclassement implique tout d'abord (cf. 3. 1. ci-après) le calcul de l'indicateur de concordance pour les quatre pondérations de base (cf. tableau 5 à 8). Les insuffisances de ce premier indicateur justifient l'introduction d'une notion de discordance (cf. tableau 9). L'étude des différentes conditions de discordance nous conduira (cf. 3. 2.) à bâtir diverses relations de surclassement et à discuter du classement qu'elles permettent de justifier.

3. 1. L'indice de concordance : calcul et insuffisances.

Commençons par dénombrer les critères pour lesquels s' est préféré ou indifférent à s , pour tout couple de sites (cf. tableau 4). La case (5, 2) de ce tableau traduit que cinq critères (N° 1, 2, 3, 4, 6) sont au moins aussi favorables au site Aix-Pichaury par rapport au site de Valentine. La case (2, 5) traduit que Valentine est au moins aussi bon que Aix-Pichaury sur trois critères (N° 1, 6, 7). On remarque que le total (5 + 3) dépasse le nombre de critères (7). Ceci provient du fait que ces deux sites sont ex-aequo sur un critère. Un calcul analogue peut être fait avec une pondération différente de la pondération 1 du tableau 3 (cf. annexe 2).

Si l'on veut avoir des chiffres comparables d'une pondération à une autre, il faut normaliser ces valeurs par la somme des poids. Ceci nous conduit aux tableaux 5, 6, 7, 8.

Le calcul de l'indice de concordance ne prend en fait appui que sur les données du tableau 1 et du tableau 3. Il est insuffisant pour asseoir une relation de surclassement car il n'utilise pas toute l'information disponible (cf. tableau 2). De façon plus générale, il ne tient aucun compte du fait que les critères défavorables à un site dans une comparaison par paire sont fortement ou faiblement défavorables (cf. tableau 9). La case ligne 2, colonne 1 de ce tableau fait ainsi apparaître que le critère le plus "discordant" parmi les trois qui sont défavorables à la Valentine dans sa comparaison avec Luminy, introduit un écart entre ces deux sites égal à l'amplitude de l'échelle.

Tableau 4 : Nombre de critères favorables à chaque site dans une comparaison par paire.

Sites N°	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1)	0	3	2	4	2
(2)	4	0	1	4	3
(3)	5	7	0	5	5
(4)	3	3	2	0	3
(5)	5	5	2	4	0

Tableau 5 : Valeur de l'indice de concordance pour la pondération 1.

Sites N°	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1)	0	0,43	0,29	0,57	0,29
(2)	0,57	0	0,14	0,57	0,43
(3)	0,71	1	0	0,71	0,71
(4)	0,43	0,43	0,29	0	0,43
(5)	0,71	0,71	0,29	0,57	0

Tableau 6 : Valeur de l'indice de concordance pour la pondération 2.

Sites N°	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1)	0	0,56	0,44	0,67	0,44
(2)	0,44	0	0,22	0,56	0,44
(3)	0,56	1	0	0,67	0,78
(4)	0,33	0,44	0,33	0	0,56
(5)					

Tableau 7 : Valeur de l'indice de concordance pour la pondération 3.

Sites N°	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1)	0	0,33	0,22	0,44	0,22
(2)	0,67	0	0,11	0,56	0,44
(3)	0,78	1	0	0,67	0,67
(4)	0,56	0,44	0,33	0	0,44
(5)	0,78	0,78	0,33	0,56	0

Tableau 8 : Valeur de l'indice de concordance pour la pondération 4.

Sites N°	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1)	0	0,44	0,33	0,56	0,33
(2)	0,56	0	0,17	0,56	0,44
(3)	0,67	1	0	0,67	0,72
(4)	0,44	0,44	0,33	0	0,50
(5)	0,67	0,72	0,28	0,50	0

Tableau 9 : Intensité de la discordance pour le critère le plus discordant (cette intensité est exprimée en % de l'amplitude de l'échelle).

Sites N°	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1)	-	0,6	-	1	-
(2)	1	-	-	0,8	-
(3)	0,4	0	-	0,4	0,2
(4)	0,8	-	-	-	0,8
(5)	0,9	0,6	-	0,4	0

3. 2. Surclassements et classements.

Etant donné une pondération, il reste pour achever de bâtir une relation de surclassement à préciser (cf. annexe 2) :

- les ensembles de discordance associés à chaque critère,
- et le seuil de concordance λ .

Compte tenu de la technique utilisée pour définir les valuations sur chaque critère (ce qui le fait apparaître comme des graduations), il est légitime de définir les ensembles des discordances à partir d'un intervalle d'amplitude constante le long de l'échelle relative à un critère donné, mais variable éventuellement d'un critère à un autre.

Ici de telles variations ne paraissent pas devoir être introduites compte tenu de la définition des critères et des échelles ainsi que ce qui a été dit sur l'importance relative des critères. Dans ces conditions, les intervalles de discordances peuvent être caractérisés pour chaque critère par leur amplitude δ rapportée à l'amplitude de l'échelle.

Ceci signifie par conséquent qu'une fois fixée la valeur de δ le surclassement de s par s' a lieu si et seulement si :

- l'indicateur de concordance $c(s', s)$ dépasse le seuil λ : ceci dépend de la pondération choisie (cf. tableau 4 à 8).
- la condition de discordance est satisfaite : ceci est indépendant de la pondération choisie et se constate sur le tableau 9 (la valeur figurant dans la case (s', s) doit être inférieure à δ).

3. 2. 1. Surclassement fort.

Commençons par être très sévère sur la condition de discordance en refusant le surclassement dès l'instant où le critère le plus discordant fait apparaître un intervalle qui dépasse quatre échelons.

La figure 10 représente les différentes relations de surclassement qui en découle pour les quatre pondérations lorsque l'on fait décroître progressivement λ d'une valeur élevée $\lambda = 0,7$ à une valeur relativement basse $\lambda = 0,56$. Ces relations prouvent la supériorité de Chateau-Gombert sur les quatre autres sites. Ceci est absolument incontestable pour les pondérations 1, 3, 4 puisque pour ces trois types de pondérations, Chateau-Gombert surclasse tous les autres sites pour un seuil relativement élevé $\lambda = 0,67$ (majorité des 2/3). Ce résultat demeure vrai pour des petites variations autour de ces trois pondérations de base. Seule une importance très grande accordée aux critères "coût" et "délai" (cf. pondération 2) est susceptible de rendre ce résultat un peu plus discutable.

En effet, pour une pondération de ce type et pour $\lambda = 0,67$, Château-Gombert surclasse toujours les trois sites La Valentine, Vitrolles, et Aix mais il devient incomparable à Luminy. Pour qu'il surclasse Luminy, il faut baisser λ jusqu'à 0,56.

3. 2. 2. Surclassement faible.

Etudions maintenant des conditions de surclassement un peu plus faible afin :

- de rechercher quel site est susceptible de se classer second ,
- d'approfondir le classement avec une pondération du type 2.

Pour que des surclassements nouveaux apparaissent, il faut augmenter δ au minimum jusqu'à 0,6 (cf. figure 11). Il ressort des relations de surclassement ainsi obtenues que :

- dans les quatre types de pondération, Aix surclasse de façon encore assez bien établie le site de la Valentine. Ce dernier ne peut donc être retenu comme candidat à la seconde place.
- dans les pondération du type 1 et 3, de façon un peu plus fragile ($\lambda = 0,56$, $\delta = 0,6$) Aix surclasse également Vitrolles.
- dans la pondération 4, le surclassement de Vitrolles par Aix n'apparaît pas dans les conditions étudiées. Toutefois on peut considérer ce surclassement comme aussi crédible que ceux apparaissant pour $\lambda = 0,67$ et $\delta = 0,6$ puisque il apparaîtrait si l'on abaissait λ jusqu'à 0,50 tout en augmentant δ jusqu'à 0,4*.

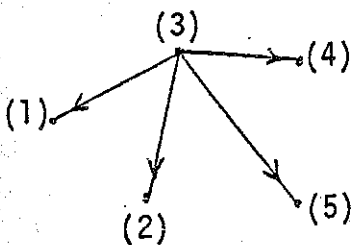
On en déduit par conséquent que dans des pondérations 1, 3, 4, les seuls sites susceptibles d'être classés second derrière Château-Gombert sont ceux d'Aix et de Luminy (il apparaît très difficile de les départager notamment en raison du critère "délai").

δ a jusqu'ici été considéré indépendamment de la concordance, en fait il est clair que pour le couple (s', s) la condition de discordance doit être d'autant plus sévère que la valeur de la concordance $c(s', s)$ est plus basse.

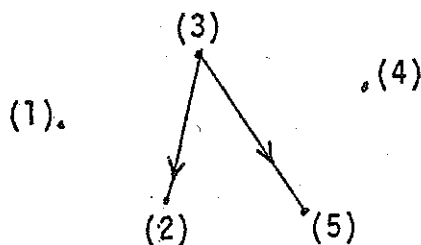
On aurait donc pu lier δ à $c(s', s)$ par exemple par une formule de type $\delta(s', s) = 0,9 c(s', s)$ (cf. annexe 2). Le lecteur pourra vérifier qu'une telle liaison n'apporte ici rien de plus sauf précisément en ce qui concerne la comparaison de 4 à 5.

Figure 10 : Relations de surclassement fort ($\delta = 0,4$)

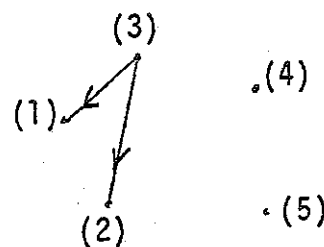
$$\lambda = 0,7$$



pondération 1

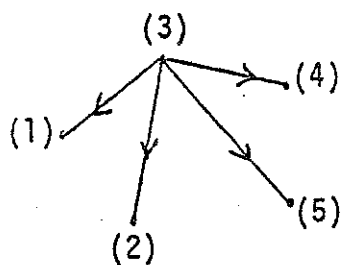


pondérations 2 et 4

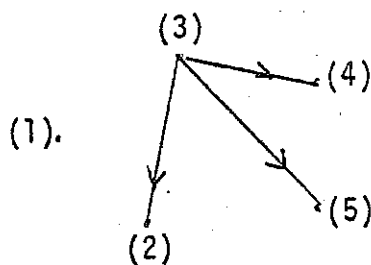


pondération 3

$$\lambda = 0,67$$

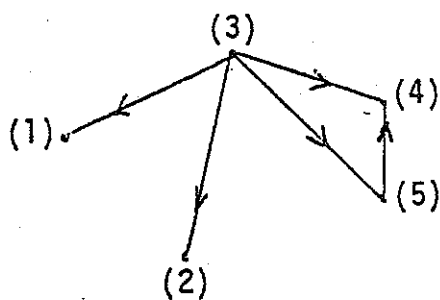


pondérations 1, 3, 4

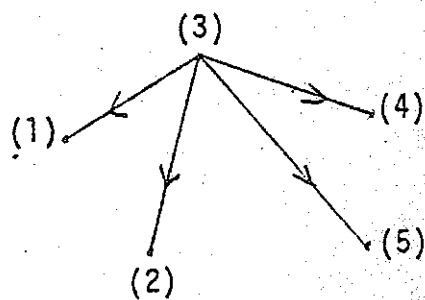


pondération 2

$$\lambda = 0,56$$



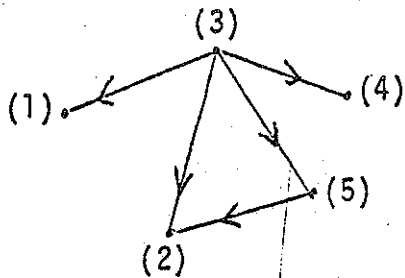
pondérations 1, 3



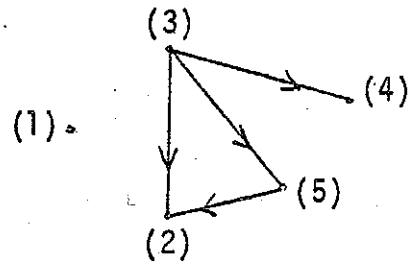
pondérations 2, 4

Figure 11 : Relation de surclassement faible ($\delta = 0,6$)

$\lambda = 0,67$

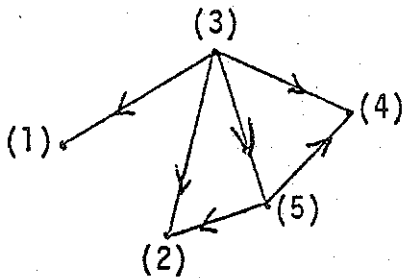


pondérations 1, 3, 4

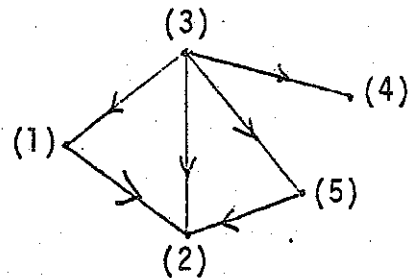


pondération 2

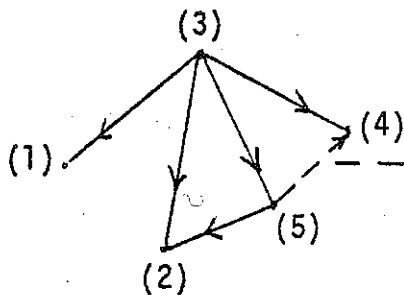
$\lambda = 0,56$



pondérations 1, 3



pondération 2



pondération 4

— — — — — → Ce surclassement apparaît pour $\lambda = 0,50$
 $\delta = 0,4$

Figure 12 : Etude d'une 5ème pondération proche de la pondération 2.

DEFINITION DE LA PONDERATION 5.

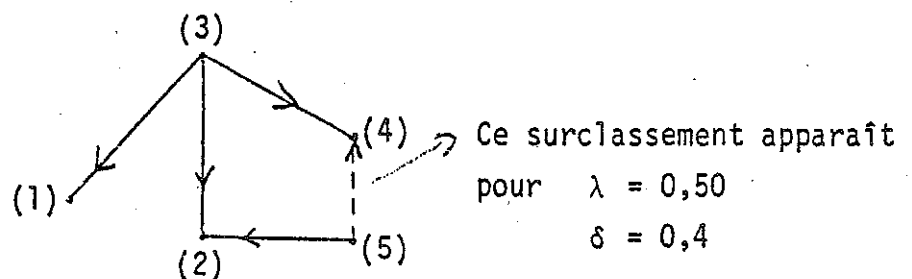
Critères	1	2	3	4	5	6	7	Total
Poids	2	2	2	2	3	3	2	16

VALEUR DE L'INDICE DE CONCORDANCE
POUR LA PONDERATION 5.

Sites N°	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1)	0	0,5	0,38	0,62	0,38
(2)	0,5	0	0,19	0,56	0,44
(3)	0,62	1	0	0,68	0,75
(4)	0,38	0,44	0,32	0	0,50
(5)	0,62	0,68	0,25	0,50	0

$$\lambda = 0,62$$

$$\delta = 0,6$$



Dans la pondération 2, Luminy surclasse également La Valentine, mais il reste très difficilement comparable à Aix et à Vitrolles (principalement en raison du critère "délai"). Ces deux derniers sites ne sont pas davantage comparables entre eux. Il nous est apparu intéressant d'étudier les relations de surclassement relatives à une cinquième pondération consistant toujours à privilégier les critères "coût" et "délai" mais de façon un peu moins forte (cf. figure 12).

On constate que pour $\lambda = 0,62$ (au lieu de 0,56) Château-Gombert surclasse Luminy et que le surclassement de 4 par 5 apparaît pour $\lambda = 0,50$ et $\delta = 0,4$. C'est donc encore les sites d'Aix et de Luminy qui viennent en second. La supériorité de Château-Gombert sur Luminy est cependant d'autant moins accentuée que l'importance relative des critères coût et délai est plus grande.

CONCLUSION

Le site de Château-Gombert apparaît de façon très probante comme le meilleur parmi les sites étudiés et ce pour toutes pondérations. Cette supériorité est toutefois moins probante lorsque les critères "coût" et "délai" sont fortement privilégiés. Château-Gombert apparaît alors difficilement comparable à Luminy.

Derrière Château-Gombert, on voit apparaître en second Aix et Luminy et ce, pour toutes les pondérations étudiées.

ANNEXE 1

QUELQUES DONNEES SUR DES IMPLANTATIONS
RECENTES DE GRANDES ECOLES.

Ecole Date et lieu d'implantation	Effectifs e : équiv. élèves c : chercheurs	Coût total en MF (année considérée)	Surface terrain en ha	Surface développée totale en m ²	Nombre moyen de niveaux
Ec. Polytech- nique 1976 Palaiseau	600 e	#190 (73)	160	107 000	2
Centrale 1969 Chatenay	900 e	#150 (73)	18	76 000	3 - 4
Sup Aéro. 1973 Toulouse	350 e (prévue pour 600)	#160 (73)	24	53 000	2
Centrale Lyon 1967 Ecully	500 e (900 prévus) 100 c	72 (65) #120 (74)	18	55 000	3
Sup Elec 1975 Gif sur Yvette	1 000 e	56 (72)	17	35 000	4 - 6
H.E.C. 1964 Jouy-en-Josas	810 e	100 (73)	110	62 000	2
ESSEC 1973 Cergy-Pontoise	1 000 e	40 (72)	7	16 000	3 - 4
T.P.E. 1974 Vaux en Vexin	500 e	45 (72)	7	25 000	
AGRO Grignon Palaiseau	500 e	45 (73)		30 000	

ANNEXE 2

LE CONCEPT DE SURCLASSEMENT

1 - DEFINITION ET PROPRIETES.

Une relation binaire S_A définie sur un ensemble d'actions A est appelée relation de surclassement si, pour toutes paires d'actions telles que le modélisateur décide en faveur d'une situation :

- d'indifférence : on a $a_j S_A a_k$ et $a_k S_A a_j$
- de préférence stricte ou large : par exemple en faveur de a_j on a $a_j S_A a_k$ et non $a_k S_A a_j$
- d'incomparabilité : on a non $a_j S_A a_k$ et non $a_k S_A a_j$.

La figure 14 illustre ces définitions. La présence d'un arc (a_j, a_k) équivaut à $a_j S_A a_k$ et se lit a_j surclasse a_k .



Situation
d'indifférence



Situation de préférence
stricte ou large en
faveur de a_j



Situation
d'incomparabilité

Cette relation est définie à partir des évaluations de chaque action sur l'ensemble des critères. C'est leur précision et leurs relations avec les préférences du décideur qui justifient la décision en faveur d'une situation plutôt que d'une autre et qui par conséquent sont à l'origine des règles formelles permettant de construire effectivement S_A .

Supposons que le modélisateur ait effectivement bâti une telle relation S_A .

1) $a_j S_A a_k$: signifie que, prenant en compte des préférences du décideur, la qualité des évaluations des actions sur l'ensemble des critères $(\gamma(a_j))$, l'ensemble A et la nature du problème, il y a de "bonnes raisons" d'admettre l'hypothèse selon laquelle le décideur préfère l'action a_j à l'action a_k et aucune raison sérieuse de la refuser.

2) non $a_j S_A a_k$ signifie que, prenant en compte des préférences du décideur, la qualité des évaluations $\gamma(a_j)$, l'ensemble A et la nature du problème, il n'y a pas de bonnes raisons d'admettre l'hypothèse a_j préféré à a_k (mais aucune raison de la refuser). Ceci ne signifie nullement qu'en dernière analyse a_j ne puisse apparaître comme au moins aussi bon que a_k , cela traduit tout simplement le fait que le modélisateur ne peut pas, ne sait pas ou ne veut pas pousser plus avant l'information pour acquérir un degré de conviction suffisant pour trancher.

Ainsi définie, la relation de surclassement n'apparaît pas comme l'explicitation de toutes les préférences du décideur. Elle n'appréhende que la part des préférences du décideur que l'on est en mesure d'asseoir avec objectivité et une sécurité suffisantes.

Ces premiers commentaires font ressortir le fait que le modélisateur peut être plus ou moins exigeant pour poser $a_j S_A a_k$. C'est pourquoi, à propos d'un même problème, il pourra être amené à bâtir plusieurs relations de surclassement emboîtées

$$S_A^1 \subset S_A^2 \subset S_A^3 \dots\dots$$

L'inclusion signifiant que si la relation de gauche est vérifiée, alors celle de droite l'est obligatoirement.

Il est clair que, plus une relation de surclassement est riche, et plus elle comporte de risques : risque de se tromper par rapport aux préférences du décideur et par conséquent risque de mal conseiller. Il est souvent utile de se référer à cette notion de risque lors de la définition des règles qui conduisent à l'acceptation de $a_j S_A a_k$ pour comprendre la portée et l'usage du concept de relation de surclassement. Dans cette optique $a_j S_A a_k$ peut s'interpréter comme " a_j presque sûrement préféré à a_k ". Une autre remarque importante concerne le degré de dépendance de la relation S_A à l'ensemble A des actions.

En effet, les règles formelles qui servent à asseoir le surclassement (ou le non surclassement) $a_j S_A a_k$ peuvent évidemment ne faire intervenir l'ensemble A qu'au travers des seuls éléments constituant la paire (a_j, a_k) . Il en est en particulier ainsi lorsque ces règles n'utilisent, relativement à cette paire, que les évaluations $\gamma(a_j)$ et $\gamma(a_k)$. Dans ce cas nous parlerons

de relation de surclassement intrinsèque et rien ne s'oppose alors à l'omission de A dans S_A .

Il n'en est cependant pas toujours ainsi car les éléments de A a_j, a_k peuvent être appelés à jouer un rôle dans l'acceptation ou le refus de $a_j S_A a_k$. Autrement dit, le contexte général que constitue l'ensemble A est porteur d'informations que le modélisateur peut vouloir exploiter lorsqu'il prend le risque de poser $a_j S_A a_k$. Dans ce cas, nous parlerons de relation de surclassement contingente et la présence du référentiel A en indice de S s'impose.

Enfin, il est prudent de ne pas postuler a priori la transitivité d'une telle relation et d'examiner si, du fait de risques déjà pris pour poser $a_j S_A a_h$ et $a_h S_A a_k$ on est réellement fondé à en déduire $a_j S_A a_k$ sans prendre appui sur aucun autre argument que ceux qui justifient $a_j S_A a_h$ et $a_h S_A a_k$ et sans encourir de ce fait un risque inacceptable.

2 - CONSTRUCTION D'UNE RELATION DE SURCLASSEMENT.

Dans la méthode ELECTRE, les relations de surclassement sont construites en prenant appui sur une notion de concordance et une notion de discordance entre les critères : pour tout couple (a_j, a_k) d'actions de A on accepte le risque de décider " a_j surclasse a_k " si un test de concordance et un test de non-discordance sont satisfaits.

2. 1. Test de concordance

On demande au décideur de définir pour chaque critère i un indice d'importance p_i . Pour chaque couple (a_j, a_k) on définit la trichotomie de l'ensemble I des critères en posant :

$I^+(a_j, a_k)$: ensemble des critères tel que a_j est meilleur que a_k
 $\{i \in I / \gamma_i(a_j) > \gamma_i(a_k)\}$

$I^-(a_j, a_k)$: ensemble des critères tels que a_j est indifférent à a_k
 $\{i \in I / \gamma_i(a_j) = \gamma_i(a_k)\}$

$I^-(a_j, a_k)$: ensemble des critères tel que a_j est moins bon que a_k
 $\{i \in I / \gamma_i(a_j) < \gamma_i(a_k)\}$

$I^+(a_j, a_k)$ est en quelque sorte un "super-critère" regroupant les critères pour lesquels a_j est préféré à a_k , alors que $I^-(a_j, a_k)$ représente un "super-critère" tel que a_k est strictement préféré à a_j .

Le test de concordance consiste à vérifier que l'importance relative de ces trois "super-critères" est compatible avec l'hypothèse $a_j \succ a_k$. La principale difficulté consiste à juger (à apprécier) cette importance relative de ces trois "super-critères" d'une manière rapide et réaliste, c'est-à-dire de leur donner des poids (calculés à partir des indices d'importance des critères).

Si les critères sont indépendants, on peut définir ces poids comme suit

$$p^+(a_j, a_k) = \sum_{i \in I^+(a_j, a_k)} p_i$$

$$p^-(a_j, a_k) = \sum_{i \in I^-(a_j, a_k)} p_i$$

$$p^0(a_j, a_k) = \sum_{i \in I^0(a_j, a_k)} p_i$$

(p_i : le poids du i^{e} critère)

Soit λ un seuil de concordance défini par le décideur. Le test de concordance est accepté si :

$$\frac{p^+(a_j, a_k) + p^-(a_j, a_k)}{P} > \lambda \text{ et si } \frac{p^+(a_j, a_k)}{p^-(a_j, a_k)} > 1$$

(P : somme des poids)

2. 2. Test de non discordance

Pour chaque critère i , le décideur définit un ensemble de discordance D_i . Soit E_i l'ensemble des évaluations notées e_i que peut prendre le critère i .

$$D_i = E_i \times E_i \quad e_i \in E_i \quad e' \in E_i \quad e_i < e'$$

On dira que le couple d'évaluation (e, e') est discordant, si on ne peut accepter le risque de décider qu'une action a_j présentant la valeur e_i surclasse une action présentant une valeur e'_i .

On posera alors $(e_i, e'_i) \in D_i$. Le test de non discordance a_j surclasse a_k , est satisfait s'il n'existe pas d'indice i , c'est-à-dire tel que

$$(\gamma_i(a_j), \gamma_i(a_k)) \in D_i.$$

Cette condition peut sembler brutale et il est facile de l'aménager. Ces aménagements dépendent toutefois des autres aspects qui interviennent pour asseoir le surclassement. On peut par exemple hiérarchiser les désaccords en

définissant pour chaque critère une suite de sous-ensembles emboîtés :

$$D_i = D_i^0 \supset D_i^1 \supset D_i^2 \supset \dots$$

Plus les arguments qu'apportent les autres aspects (critères de $I^+(a_j, a_k)$ en faveur du surclassement sont solides et plus l'ensemble de discordance qu'il convient de substituer à D_i dans la condition ci-dessus doit être restreint. C'est ainsi que pour des valeurs de l'indicateur de concordance voisines du seuil on conservera $D_i = D_i^0$ alors que progressivement au fur et à mesure que la valeur montera au-dessus du seuil, on substituera D_i^1 puis D_i^2 La manière dont cette "paramétrisation" de l'ensemble de discordance doit se faire dépend évidemment du problème et des risques (incomparabilités, multipliées à l'excès ou surclassement accepté à la légère) que l'on tolère.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) ANSOFF : "Stratégie de développement de l'entreprise". Hommes et techniques 1971.
- (2) Association des anciens élèves de l'E.S.I.M. Rapport de la commission de Site, septembre 1974.
- (3) Association des élèves de l'E.S.I.M. Rapport de la commission de site, juin 1975.
- (4) COMPARAT, P. - "L'avenir de l'Ecole Centrale Lyonnaise.
- (5) LAMOURE, J. B. ; SUSSMANN, B. - "L'Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Marseille a besoin d'une nouvelle implantation." Un essai d'analyse, janvier 1974.
- (6) MONZAT, J.L. - "En préalable à l'étude du transfert de l'ensemble d'enseignement supérieur scientifique et technique (E.S.I.E.E., E.S.T.E., C.E.F.I.C., G.E.R.B.I.O.S.)."
- (7) ROY, B. - "Vers une méthodologie générale d'aide à la décision". Revue Metra, N°3, 1975.
- (8) ROY, B. - "Critères multiples et modélisation des préférences (l'apport des relations de surclassement)". Revue Economie Politique, N° 1, 1974.
- (9) ROY, B. - "Outranking and fuzzy outranking. A concept making operational partial order analysis." To be published in "Decision making with multiple conflicting objectives (Ed. Raiffa and Keeney) I.I.A.S.A., Vienne 1976.