

**Aide à  
la décision  
Introduction  
et exemples**

**Vincent Mousseau**

## Plan

1. Introduction
2. Exemple 1 : un problème de localisation
3. Exemple 2 : gestion de projets recherche
4. Exemple 3 : Affectation d'engins à des tâches
5. Exemple 4 : Desserte ferroviaire
6. Exemple 5 : Composition d'un produit
7. Conclusion : Retour sur la notion d'aide à la décision

## Aide à la décision

### Définition :

L'aide à la décision est l'activité de celui qui, **prenant appui sur des modèles** clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à **obtenir des éléments de réponses** aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à **éclairer la décision** et normalement à **prescrire**, ou simplement à favoriser un comportement de nature à **accroître la cohérence** entre **l'évolution du processus** d'une part, et **objectifs et système de valeurs** au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part.

## Aide pour qui ?

- L'aide s'adresse à l'un des intervenants du processus de décision,
- Nécessité d'identifier un individu, une collectivité ou un corps constitué appelé **décideur**,
- Le décideur est l'intervenant pour le compte duquel l'aide à la décision s'exerce; il joue un rôle déterminant dans le processus,
- Identifier le décideur c'est identifier les objectifs au service desquels il est placé,
- Le décideur est l'intervenant qui assume la responsabilité de la mise en œuvre de la décision,
- Le décideur est parfois un intervenant "*mythique*".

## Aide par qui ?

- Parfois le décideur peut exercer lui même (à son intention) l'activité d'aide à la décision,
- le plus souvent un individu distinct du décideur prend en charge l'aide à la décision : c'est **l'homme d'étude/analyste**,
- Le rôle de l'homme d'étude/analyste consiste à:
  - expliciter le modèle, et l'exploiter ce modèle en vue d'obtenir des éléments de réponse,
  - éclairer le décideur sur les conséquences de ses actes,
  - préconiser une action ou une méthodologie,
- Les résultats obtenus doivent être convaincants pour l'homme d'étude, le décideur mais aussi les autres intervenants.

## Aide à la décision et neutralité

- L'analyste ne peut pas rester extérieur au processus de décision,
- Son but est précisément d'influer sur le processus de décision (en explicitant et exploitant un modèle, prescrivant une action, ...)
- Son propre système de valeurs ne doit pas influencer sur son travail et constitue en ce sens un intervenant "*de second degré*",
- En physique (dans les sciences naturelles), un modèle reflète une réalité sans l'altérer ni l'influencer,
- En aide à la décision, un modèle peut contribuer à :
  - perturber un système de valeurs,
  - faire évoluer des préférences,
  - faire émerger des possibles,
  - modifier le problème posé initialement,
  - ...

## Aide à la décision et objectivité

- Pas de neutralité ne signifie pas une absence d'objectivité,
- Un modèle peut être qualifié d'objectif s'il constitue (aux yeux de l'ensemble des intervenants d'un processus de décision) une représentation impartiale, sans préjugés ni biais de la situation de décision,
- Ceci nécessite que l'homme d'étude mette à jour les hypothèses sous-jacentes au modèle et en fasse comprendre la nature,
- Un des pièges pour l'homme d'étude est le *biais instrumental*: faire porter l'effort de modélisation sur la validité technique des "instruments" utilisés au détriment du caractère significatif du contenu des observations (Métaphore du "fêtard").

## Exemple 1 : Problème de localisation

- Une école d'ingénieurs occupe des locaux dispersés incompatibles avec sa nouvelle stratégie de développement,
- Il a été décidé de l'implanter sur un nouveau site,
- Le choix du nouveau site devra tenir compte :
  - du coût de la nouvelle implantation,
  - des délais de réalisation,
  - de l'acceptabilité du nouveau site pour le personnel et les élèves,
  - de ses nouvelles missions.

## Un problème de localisation

- Ses missions sont de :
  - devenir ” *un pôle d’innovation et de formation continue*”,
  - constituer ” *un outil de développement socio- économique*” et un ” *instrument de la politique d’aménagement de la région*”,
  - se hisser au plan international en tirant parti de sa position sur le littoral méditerranéen.
- Une étude a été demandée par le directeur de l’école qui joue le rôle de décideur (du point de vue de l’aide à la décision),
- La décision finale doit être prise par la chambre de commerce et d’industrie à partir :
  - des propositions et études faites par la direction de l’école,
  - des avis des autres acteurs du processus de décision.

## Un problème de localisation

- Les autres acteurs sont pour l'essentiel:
  - l'association des élèves et anciens élèves,
  - le personnel de l'école,
  - les autorités locales dont dépend l'agglomération où se situe l'école (cette dernière devant y rester),
  - l'organisme chargé de veiller à l'aménagement du territoire national,
  - les autorités de tutelle de la chambre de commerce et d'industrie et de l'école (Ministère du commerce et de l'artisanat, Ministère de l'industrie et de la recherche, Ministère de l'éducation nationale).

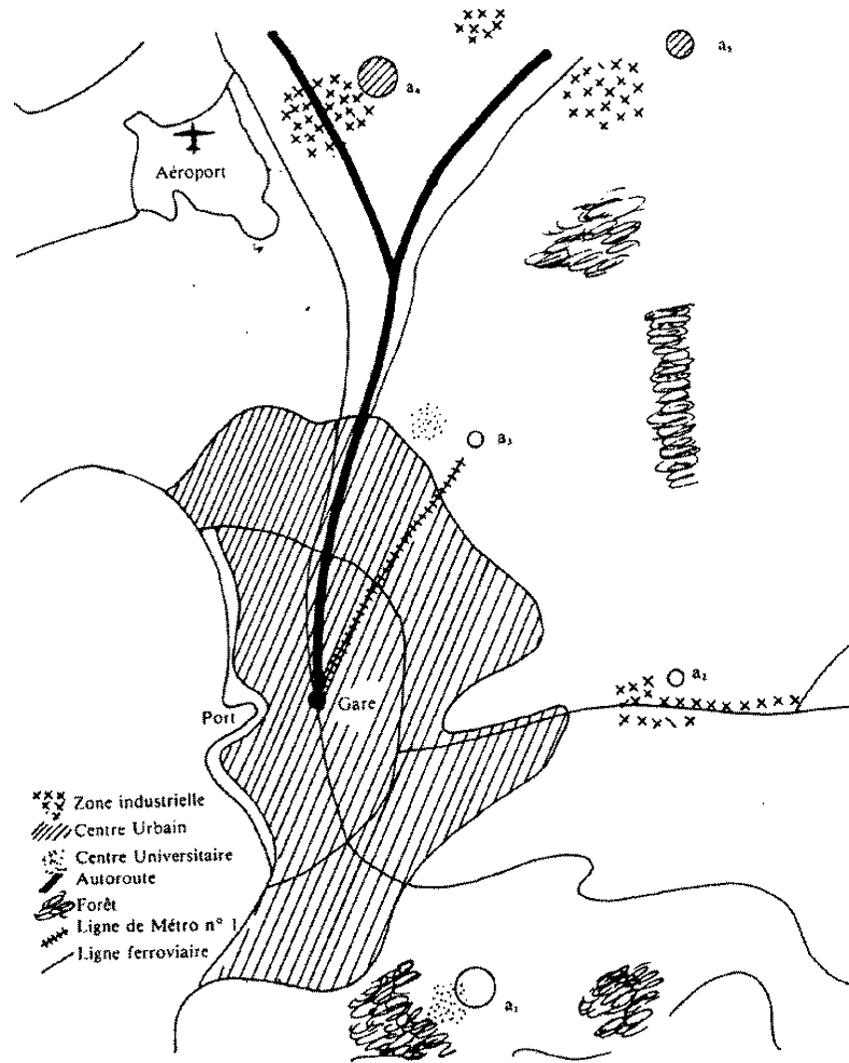
## Un problème de localisation

- Une **première phase** d'étude a permis de:
  1. recenser tous les sites disponibles dans la région susceptibles d'accueillir l'école (une description sommaire de chaque site met en évidence ses avantages et défauts notoires),  
→ 17 sites
  2. procéder à un tri destiné à les séparer selon qu'ils méritent d'être retenus pour une étude approfondie.  
→ 5 sites retenus (12 rejetés car inadaptés).

## Un problème de localisation

- Pour la **seconde phase** de l'étude on a  $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$ , chaque action correspondant à un site potentiel pour l'école,
  - le problème est posé en terme de choix du *meilleur site*
  - l'homme d'étude doit examiner si un des sites est *significativement meilleur* que les 4 autres.
  - les conséquences de chacune des implantations ne sont étudiées que de façon approximatives (moyens limités)
  - les systèmes de valeurs des acteurs sont différents.
  - retenir un seul site (dans l'étude) paraît irréaliste, retenir 2 (ou 3) site équivalents ou incomparables est plus réaliste.

# Un problème de localisation



## Un problème de localisation

- Pour justifier du choix du/des site(s) retenus, l'homme d'étude devra :
  - identifier les traits spécifiques de chacune des implantations retenues,
  - préciser les arguments qui permettent au directeur de l'école de justifier le choix du/des site(s).
- Par des entretiens avec les principaux acteurs, l'homme d'étude a dressé une liste des conséquences élémentaires à prendre en compte pour raisonner la future localisation.

## Un problème de localisation

- Il a structuré les conséquences élémentaires en 7 critères :
  - *critère 1* : Environnement urbain position par rapport aux pôles de l'agglomération, environnement immédiat du site (habitat, cadre urbain),
  - *critère 2* : Environnement industriel adéquation à la stratégie de l'école en matière d'insertion industrielle,
  - *critère 3* : Environnement intellectuel facilité d'accès à une université, un centre de formation continue, centre professionnel du tertiaire,
  - *critère 4* : Conditions d'accès et capacités d'accueil position par rapport aux moyen communication, qualité du service de transport en commun, capacité d'accueil (hotels, salles de réunion),
  - *critère 5* : Coût de réalisation prix au m<sup>2</sup>, terrassement, ...,
  - *critère 6* : Délai de réalisation,
  - *critère 7* : Affinités avec les caractéristiques actuelles de l'école "coût du changement" tel que perçu par le personnel et les élèves.

## Exemple 2 : Projets de recherche

- Dans un grand groupe industriel, la direction R&D doit **accorder ou refuser le financement de projets de recherche** provenant de l'ensemble du groupe,
- la direction R&D dispose d'un **budget limité** alloué par la direction générale dont le montant est discuté chaque année,
- Le décideur est un comité responsable de la politique de recherche,
- L'orientation de cette politique s'effectue au niveau des projets,
- Chaque projet doit préciser l'objectif final et l'intérêt pour le groupe (en cas de succès).

## Gestion de projets de recherche

- Un projet de recherche peut durer de 1 à 5 ans et mobiliser plusieurs équipes successives,
- La décision de financement ne se prend pas au niveau d'un projet mais au niveau plus fin de l'opération de recherche,
- Une opération de recherche est une partie d'un projet pour lequel est défini un sous-objectif, ayant un responsable unique et d'une durée  $< 18$  mois,
- Les divisions et services soumettent (surtout au 4<sup>e</sup> trim.) :
  - de nouveaux projets (avec leur première opération),
  - les résultats obtenus et les opérations suivantes, pour les projets non achevés,
  - les résultats obtenus et conditions de réalisation, pour les projets arrivant à échéance.

## Gestion de projets de recherche

- Le comité doit prendre une décision sur le financement des opérations soumises avant la fin de l'année en cours,
- Quand la demande arrive assez tôt, l'opération peut être lancée sur l'année en cours, sur le budget de l'année suivante ou rejetée
- Le comité exige, pour les prendre en considération, que les opérations soumises soient définies de façon précise,
- L'aide à la décision vise à éclairer le comité dans une décision à caractère répétitif,
- La prescription consiste à définir une méthodologie aidant le comité de se prononcer sur le financement des opérations,
- Les opérations financées doivent se conformer aux objectifs définis par la DG.

## Gestion de projets de recherche

- soit  $A$  l'ensemble des opérations soumises au comité à un moment où il se réunit,
- La méthodologie proposée repose sur le rangement des opérations de  $A$  en fonction de leur conformité avec la politique énoncée par la DG,
- Ce classement sert à définir l'ordre selon lequel les opérations sont examinées par le comité en vue de la décision d'acceptation ou de rejet du financement,
- Cet ordre aide à surmonter les difficultés liées aux complémentarités et doubles emplois,
- L'ordre permet de montrer à la DG l'impact du montant du budget sur les décisions du comité.

## Gestion de projets de recherche

- Après avoir recensé les conséquences du financement de chacune des opérations, l'homme d'étude les a synthétisées en dans la famille de critères suivante :

- $g_1$  : Coût immédiat (faible  $\prec$  moyen  $\prec$  fort <sup>a</sup>),

- $g_2$  : Coût futur, pour parvenir à mise en application (faible  $\prec$  moyen  $\prec$  fort<sup>a</sup>),

- $g_3$  : Importance du marché suppl. ouvert par le projet ( $M^{\sim} \prec M^+ \prec M^{++}$ ),

$M^{++}$  marché dont l'importance est sans commune mesure avec le coût de la recherche,

$M^+$  marché devant couvrir très largement les dépenses de recherche

$M^{\sim}$  marché incertain

---

<sup>a</sup>l'ordre de grandeur associé à ces trois termes doit être précisé chaque année

- $g_4$  : Intérêt stratégique du projet, ( $M^- \prec M^\sim \prec I^+$ )
  - $I^+$  intérêt supérieur du groupe,
  - $I^\sim$  intérêt d'une division
  - $I^-$  intérêt discutable
- $g_5$  : Crédibilité des résultats attendus ( $C^\sim \prec C^+ \prec C^{++}$ ),
  - $C^{++}$  réussite quasi-certaine,
  - $C^+$  réussite assez probable,
  - $C^-$  réussite hasardeuse.
- $g_6$  : Apport des opérations antérieures du même projet ( $A^{--} \prec A^- \prec A^\sim \prec A^+ \prec A^{++}$ ).
  - $A^{++}$  exceptionnel,
  - $A^+$  plutôt encourageant,
  - $A^0$  intérêt supérieur du groupe,
  - $A^-$  plutôt défavorable,
  - $A^{--}$  nettement défavorable.
- la procédure utilisée par le comité doit être capable de classer l'ensemble de tous les vecteurs d'évaluation.

### Exemple 3 : Affectation d'engins

- Il s'agit de décisions routinières confiées à un "dispatcher",
- il doit, dans un délai court, affecter un engin (locomotive, camion citerne) à l'exécution d'une tâche (traction d'un train, transport d'un liquide),
- le parc est équipé de  $\pm 30$  engins  $\pm$  semblables,
- chaque tâche est caractérisée par :
  - une date de début demandée que le dispatcher doit respecter autant que possible,
  - l'état requis  $E_i$  de l'engin qui lui sera affecté (spécificités intrinsèques de l'engin et dernière tâche réalisée),
  - la durée d'exécution  $d_i$  (la durée excède parfois significativement  $d_i$ ),
  - l'état requis  $E'_i$  de l'engin lorsqu'il est libéré par la tâche (lieu de disponibilité, état de propreté, ...).

## Affectation d'engins à des tâches

Pour effectuer son travail, le dispatcher dispose :

- d'un ordinateur lui permettant de calculer la durée  $d_k(E'_i, E_j)$  nécessaire pour faire passer l'engin  $k$  de l'état  $E'_i$  (dans lequel il a été laissé par la dernière tâche  $i$ ) à l'état  $E_j$  (que requiert la tâche  $j$ ), acheminement d'une locomotive, nettoyage d'une cuve, ...
- d'un contact téléphonique avec un supérieur hiérarchique lorsqu'il a besoin d'info supplémentaires, par ex., retarder le début de la tâche  $i$  au delà de  $t_i$ , ou affecter un engins dont les particularités ne correspondent pas à  $E_i$ ...
- d'un système informatique tenant à jour en temps réel l'état des tâches et des engins.

## Affectation d'engins à des tâches

Précisons que :

- la durée de passage d'un engin d'une tâche à une autre atteint parfois la durée de la tâche,
- les tâches peuvent être modifiées jusqu'à une heure avant leur date de début désiré (par un supérieur hiérarchique),
- le nombre de tâches annoncées (non en cours de réalisation) varie entre 20 et 50,

Comment aider ce *dispatcher* à mieux décider ?

## Exemple 4 : Desserte ferroviaire

- Les pouvoirs publics ont décidé de développer les TC dans une large zone fortement urbanisée,
- La volonté est de faciliter l'accès d'une banlieue  $B$  à une zone d'emploi  $E$  (liaison ferroviaire) en tirant parti au mieux de l'infrastructure existante,
- Le tracé de la liaison ferroviaire ne pose pas de problème mais son aménagement doit être étudié,
- Les objectifs des intervenants sont :
  - min. coûts d'investissement et d'exploitation,
  - min. temps d'accès aux stations et le temps de transport réel,
  - assurer une meilleure cohérence entre urbanisme et emploi,
  - maxi. bien être des usagers ( $\uparrow$  confort,  $\downarrow$  pénibilité),
  - éviter au maximum les nuisances sur l'environnement.

## Problème de desserte ferroviaire

- Identifier une action implique que soient précisées les divers éléments d'aménagement, de dimensionnement, ...,
- Après analyse, l'homme d'étude parvient aux conclusions suivantes:
  1. deux options pour le terminus en banlieue  $B$ ,
    - arrêter la ligne en  $B_0$  en aménageant une gare terminus,
    - prolonger la ligne jusqu'en  $B_1$  ce qui exige un prolongement mais simplifie le problème du terminus,

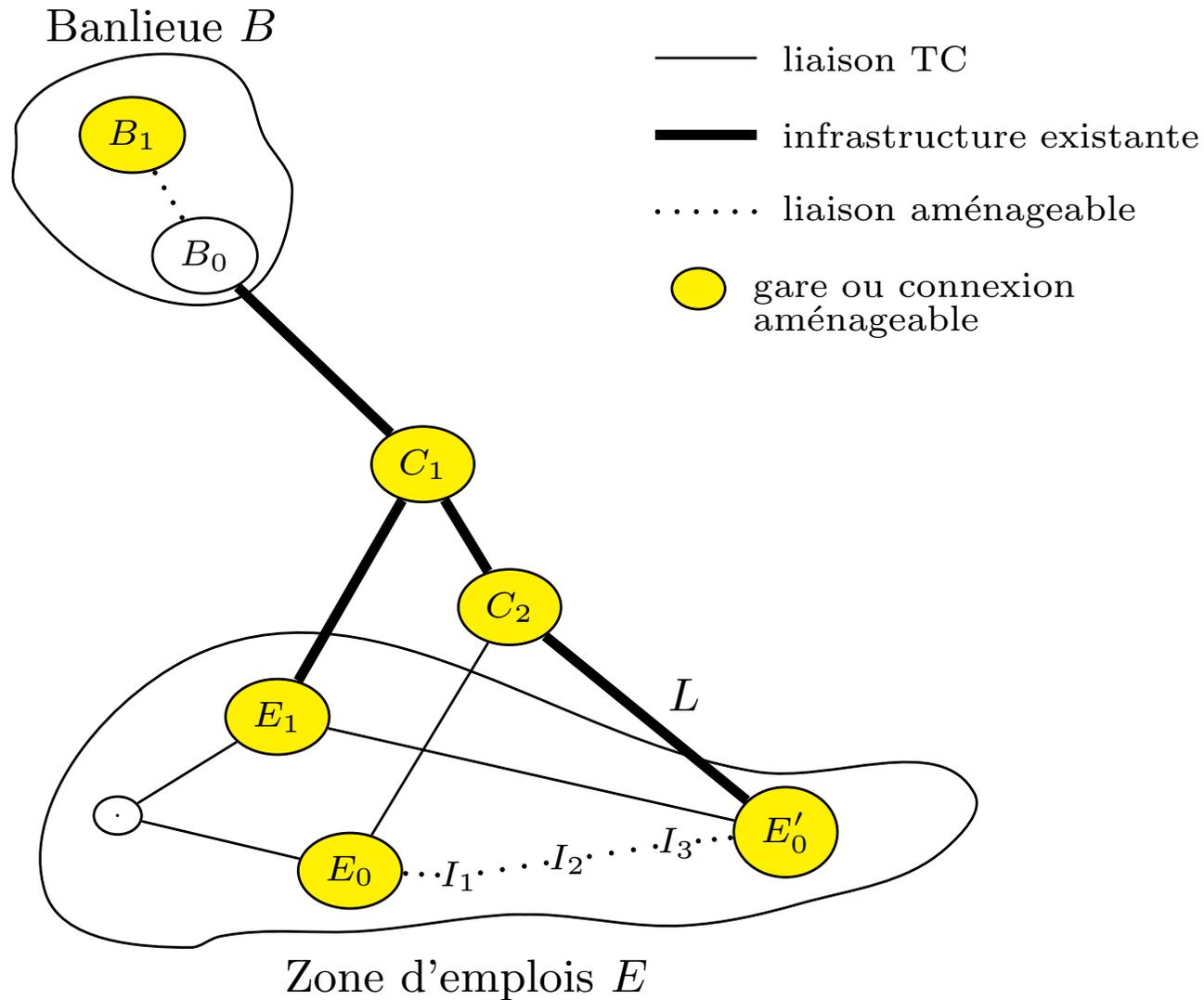
2. la pénétration dans le quartier  $E$  peut être réalisée de diverses façons selon que la nouvelle ligne est:
  - aménagée (par ré-emploi d'infrastructures existantes) jusqu'à la gare centrale  $E_0$ ,
  - aménagée (par ré-emploi d'infrastructures existantes) mais seulement jusqu'en  $E'_0$  (moins centrale et mal relié au réseau TC desservant le quartier  $E$ ,
  - aménagée jusqu'à une gare  $E_1$  de la périphérie de  $E$  moyennant des transformations en  $C_1$ ,
  - connectée en  $C_1$  au réseau ferroviaire desservant  $E$  par l'intermédiaire de  $E_1$ , les voyageurs devant obligatoirement changer en  $C_1$  pour aller de  $E_1$  en  $B_0$  ou  $B_1$ ,
  - connectée en  $C_2$  (aussi avec rupture de charge) au réseau TC de  $E$  via  $E_0$ ,
3. les deux solutions aboutissant en  $E_0$  et  $E'_0$  utilisent le tracé d'une ligne  $L$ ; deux possibilités existent :
  - ajouter des voies et conserver  $L$ ,
  - ne pas ajouter de voies et supprimer  $L$ ,

4. sur le tronçon  $E_0 - E'_0$  il est possible d'ouvrir (ou non) des stations intermédiaires  $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$ , d'où deux options
  - avec  $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$ ,
  - sans  $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$ ,
  
5. on considère deux hypothèses d'exploitation :
  - $H_1$  : tous les trains s'arrêtent à toutes les stations ouvertes, il y a 8 trains/heure en période de pointe contre 4 sinon,
  - $H_2$  : il y a 6 trains/heure toute la journée s'arrêtant à toutes les stations + durant chaque heure de pointe 6 trains omnibus au départ de  $E$  jusqu'à une station  $J$  (commune à tous les tracés puis direct de  $J$  à  $B_0$ ,

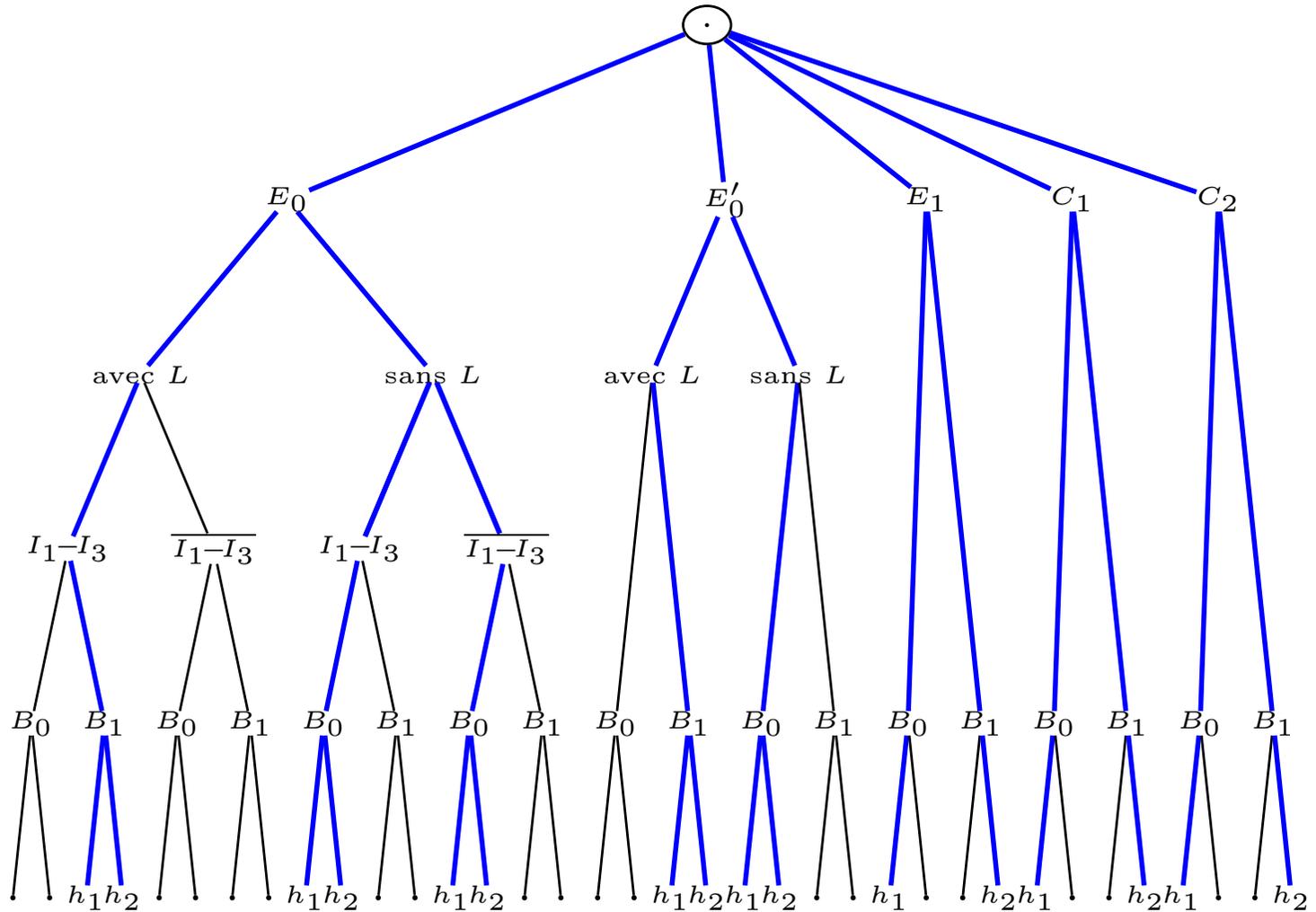
→ 36 variantes possibles,

→ seules 16 variantes sont analysées en détail.

# Problème de desserte ferroviaire



# Problème de desserte ferroviaire



## Problème de desserte ferroviaire

- La décision finale est prise selon une procédure difficilement prévisible dont aucun des intervenant n'est totalement maître,
- L'homme d'étude base son analyse sur la constitution de quelques scénarios concernant (à une échéance de 10 ans) l'évolution de l'habitat de l'emploi, de la mobilité, l'apparition de nouvelles liaisons...,
- l'homme d'étude se propose d'aider les intervenants en cherchant à classer les variantes,
- le classement doit prendre en compte l'ensemble des objectifs et être valide pour l'ensemble des scénarios.

## Exemple 5 : Composition d'un produit

- Considérons un produit  $P$  dont la fabrication fait appel à des composants multiples (caoutchouc, detergent, peinture, ...),
- Selon la qualité du produit désiré, pour 100 feuilles de caoutchouc on ajoute une quantité variable d'acide stéarique, de soufre, de noir HAF, d'oxyde de zinc, de goudron de pin , ...
- Les spécifications intègrent une douzaine de propriétés (temps de grillage, résistance à la rupture, échauffement interne, variation de la resistance à la rupture par vieillissement, ...),
- le niveau atteint par chaque propriété est une fonction complexe des quantités de chacun des composants,
- Le service technique de l'entreprise connaît une forme analytique (linéaire ou quadratique) fournissant une bonne approximation de cette fonction.

## Composition d'un produit

- Le service technique est confronté à des demandes de spécifications sans cesse nouvelles (variété toujours plus grande de produits à fabriquer),
- Il a des difficultés à identifier (dans les délais requis) les proportions de composants conduisant à la production du produit répondant au mieux aux cahier des charges du client,
- Pour remédier au problème, la direction souhaite substituer à l'approche traditionnelle (empirique), une méthodologie plus systématique d'aide à la décision.
- La méthodologie devrait permettre de fixer rapidement les quantités de chaque composant à faire intervenir dans la composition d'un produit de façon à minimiser le coût ou maximiser certaines des performances.

## Composition d'un produit

- Soit  $x_i$  la qté du composant  $i$  entrant dans la composition du produit,
- Soit  $\underline{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n$  une combinaison des quantités de composants,
- Soit  $p_k(\underline{x}) \in \mathbb{R}$ , ( $k = 1, \dots, 12$ ) le niveau de performance du produit issu du mélange  $\underline{x}$  pour la propriété  $k$ ,
- Les formes analytiques des fonctions  $p_k$  sont connues et la valeur de  $p_k(\underline{x})$  dépend de la région de l'espace  $\mathbb{R}^m$  où se situe  $\underline{x}$ ,
- un mélange  $\underline{x}$  est acceptable s'il vérifie des conditions t.q.  $p_k^m \leq p_k(\underline{x}) \leq p_k^M$ , ( $k = 1, \dots, 12$ ) et  $x_i^m \leq x_i \leq x_i^M$ , ( $i = 1, \dots, m$ ),
- des techniques de programmation linéaire permettent de déterminer les mélanges  $\underline{x}$  maximisant une propriété ou minimisant le coût.

## 7. Conclusion : Retour sur la notion d'aide à la décision

- Identification d'un décideur,
- Présence d'un homme d'étude,
- Elaboration d'un modèle,
- Prise en compte des préférences du décideur,
- Construction de recommandations,
- L'aide à la décision ne se substitue pas au décideur,
- Importance de l'analyse de sensibilité/robustesse.