



**HAL**  
open science

## Prospective et aide à la décision

- Sema

► **To cite this version:**

- Sema. Prospective et aide à la décision. [Rapport de recherche] Centre national de l'entrepreneuriat(CNE); Société d'Economie et de Mathématiques Appliquées (SEMA). 2009, 54 p., figures, bibliographie. hal-02186054

**HAL Id: hal-02186054**

**<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02186054v1>**

Submitted on 17 Jul 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**sema** prospective

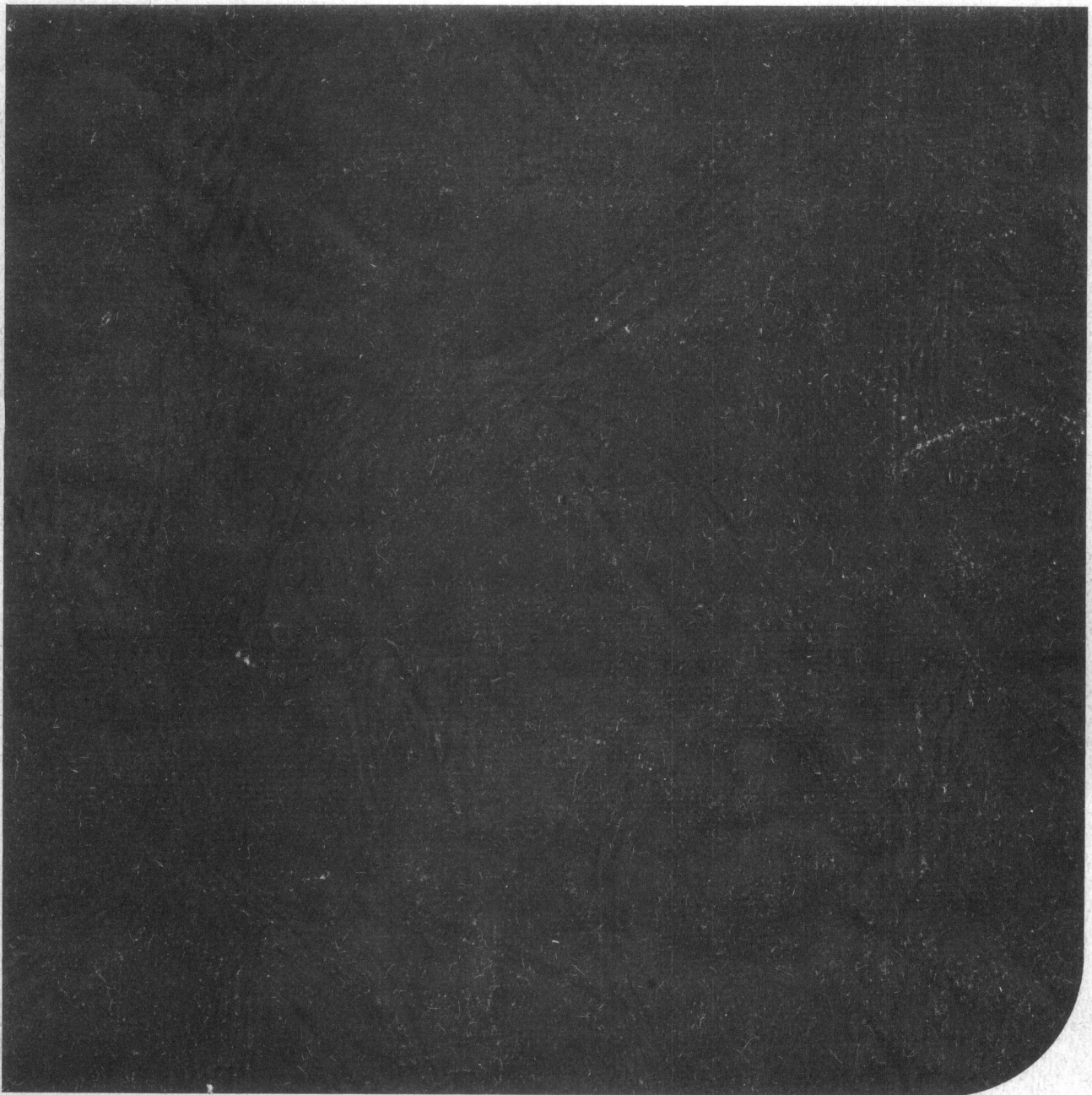
16-18, rue barbès 92126 Montrouge cedex tél. 657 13 00

17.6

**LG LIP**

2

*prospective  
et aide à la décision*



metra

Bruxelles, Genève, Londres, Madrid, Milan, Paris, Zürich.  
Abidjan, Alger, Casablanca, Téhéran. Caracas, Sao Paulo.

PROSPECTIVE ET AIDE A LA DECISION

# SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
<u>Introduction</u> : Prévion et avenir incertain	1
<u>LA DEMARCHE ADOPTEE</u>	4
1 - <u>Construction de la base</u>	7
1.1 - Délimitation du système	7
1.2 - Détermination des variables essentielles	10
1.3 - Analyse explicative	12
1.4 - Analyse de la stratégie des acteurs	13
2 - <u>Elaboration des scénarios</u>	16
2.1 - Le choix des images finales	18
2.2 - L'élaboration des scénarios	23
3 - <u>Aide à la décision</u>	26
<u>ANNEXES</u>	30
1 - Méthode MICMAC : choix des variables essentielles	31
2 - Méthode SMIC : Choix des images finales	38
3 - Applications spécifiques	44
1 - L'analyse structurelle, outil de dialogue	44
2 - Clubs SMIC de conjoncture	45
REFERENCES ETUDES DEPUIS 1972	46
REFERENCES PUBLICATIONS	48

## Introduction : Pr evision et avenir incertain

Qu'il s'agisse d'arrêter sa stratégie de développement (recherche, production, emploi, investissements, exportations, prises de participation), ou de réagir aux changements conjoncturels et structurels, l'entreprise doit tenir compte de l'environnement futur dans lequel elle devra s'insérer ou se maintenir. Or l'évolution du monde s'accélère, le changement s'étend : plus les changements politiques, économiques et technologiques seront rapides, moins il faudra tarder pour anticiper leurs conséquences, favorables ou non, et y adapter les orientations prises antérieurement.

- La plupart des méthodes de prévision s'appuient sur l'extrapolation de tendances, par un raisonnement "toutes choses égales par ailleurs", ce qui apparait tout à fait illusoire dans un environnement qui change de plus en plus, et où les phénomènes à prendre en compte sont sans cesse plus complexes et interdépendants. L'incertitude face à l'avenir est alors traduite sous la forme d'écarts autour d'une tendance (fourchette haute et fourchette basse).

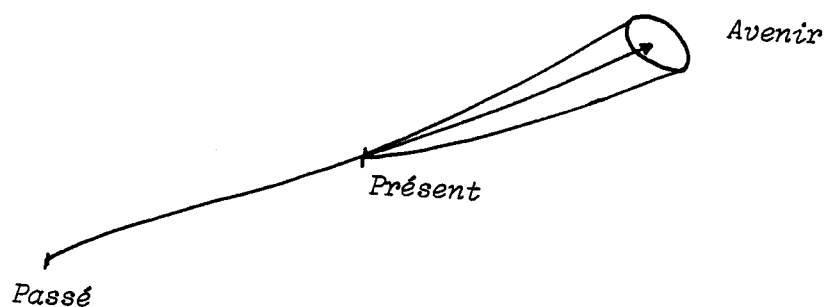


Figure 1 : L'avenir est unique et certain

Ainsi, les modèles économétriques s'avèrent impuissants à prévoir les changements structurels (les crises) et leurs utilisateurs attribuent ces erreurs de prévision aux fameuses variables "cachées".

- La démarche prospective, par contre, admet qu'aujourd'hui l'avenir est multiple, et que c'est de la confrontation des différents acteurs en présence et de leurs projets que naîtra tel ou tel futur. (Cf. figure 2). Ainsi, la construction de l'avenir s'explique autant par l'action humaine que par le jeu des déterminismes.

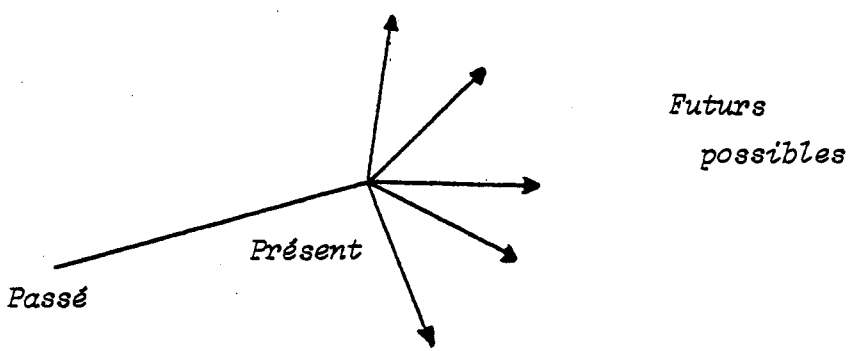


Figure 2 : L'avenir est multiple et indéterminé

La méthode des scénarios s'efforce de concevoir ces futurs possibles, et d'explorer les cheminements qui y conduisent. Mais les scénarios littéraires, s'ils représentent un exercice d'imagination stimulant pour l'esprit, souffrent nécessairement d'un manque de crédibilité, puisque rien ne permet de vérifier la validité et la plausibilité des hypothèses avancées.

- C'est pourquoi la SEMA a développé une approche intégrée de prospective prenant en compte l'ensemble des variables évidentes ou cachées ( en effet, l'emploi de l'analyse structurelle permet de révéler les variables cachées et de mettre en évidence le rôle qu'elles jouent ) et classant les scénarios en fonction de leur probabilité par l'emploi d'une méthode d'impacts croisés.

Les objectifs d'une telle méthode sont :

- 1 - Déceler quels sont les points à étudier en priorité (variables-clé), en mettant en relation, par une analyse explicative globale la plus exhaustive possible, les variables concernant le phénomène étudié avec les variables décrivant son environnement.
- 2 - Déterminer, notamment à partir des variables-clé, les acteurs fondamentaux, leurs stratégies, les moyens dont ils disposent pour faire aboutir leurs projets.
- 3 - Décrire, sous la forme de scénarios<sup>(\*)</sup>, l'évolution du phénomène étudié, compte tenu des évolutions les plus probables des variables-clé, et à partir de jeux d'hypothèses sur le comportement des acteurs.

On peut alors utiliser les techniques de la prévision classique dans le cadre défini par un scénario, pour traduire ce scénario en termes quantitatifs.

On peut également, compte tenu des différents scénarios, évaluer les conséquences des orientations déjà prises, et, à l'aide de méthodes multicritères, en déduire les actions stratégiques à engager en priorité pour tirer parti des changements attendus.

\*            \*

\*

On trouvera dans cette note :

- une présentation générale de la démarche prospective SEMA, illustrée par une application concrète,
- des annexes, où sont développés les aspects techniques des outils employés (méthode MICMAC, méthode SMIC).

-----  
\* Ces scénarios développent :

- d'une part, la situation la plus probable du phénomène étudié et de son environnement à l'horizon fixé, ainsi que le cheminement qui y conduit (scénario de référence).
- d'autre part, les situations extrêmes à l'intérieur desquelles ce phénomène se situera (scénarios contrastés, pessimiste et optimiste).



LA DEMARCHE ADOPTEE

L'exposé de la méthode des scénarios développée par la SEMA s'appuie sur une étude multiclients, destinée à éclairer les industriels concernés par l'off-shore pétrolier (exploration et exploitation des gisements sous-marins) sur l'environnement futur dans lequel leurs activités devront s'insérer à l'horizon 1990, en leur fournissant notamment des prévisions de besoins en équipements (navires, plates formes, tuyaux, etc ...).

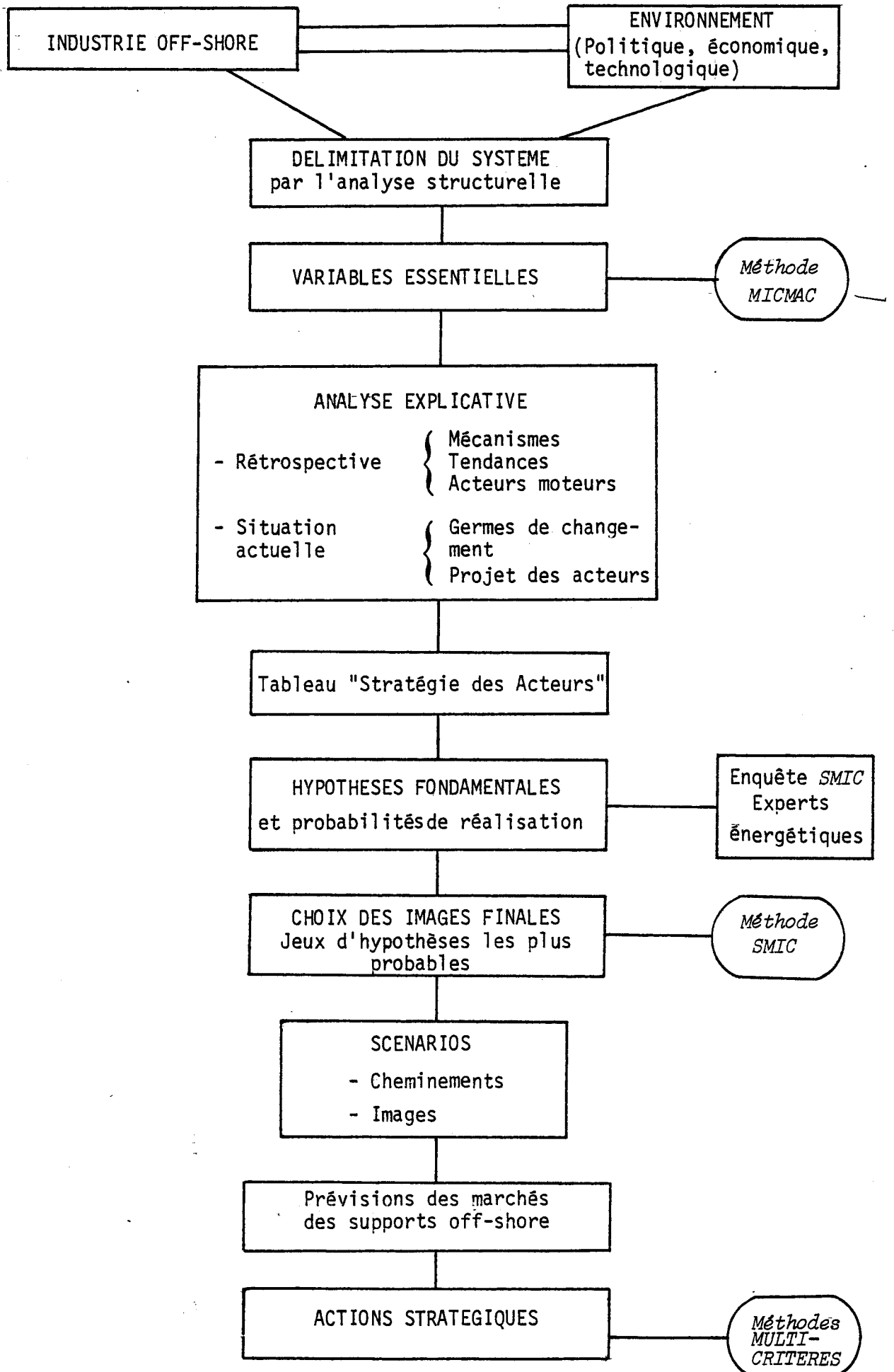
Pour bâtir de telles prévisions, il faut étudier le système constitué par l'industrie off-shore et son environnement. En particulier, il convient en premier lieu de connaître les prises de positions des différents gouvernements d'états producteurs et d'états consommateurs, liées les unes aux autres et sous-tendues par des projets de nature politique : volonté d'hégémonie pour les Etats-Unis, développement économique pour les pays du Tiers-Monde etc . . En effet, ces projets souvent divergents ont amené par le passé des crises entraînant des bouleversements plus ou moins profonds. L'intérêt porté à l'industrie off-shore en est l'une des conséquences, et la décision d'investir dans ce secteur doit être prise après une analyse prospective approfondie des différentes stratégies des acteurs et des différents scénarios énergétiques qui pourront en résulter.

---

L'utilisation dans cette étude de la méthode des scénarios est résumée par le graphe de la page suivante, où les différentes phases du déroulement logique (construction de la base et élaboration de scénarios) et du déroulement méthodologique (analyse structurelle et impacts croisés) s'articulent en une seule séquence.

La méthodologie (cf. schéma d'ensemble) comporte trois grandes phases :

Schéma d'ensemble



BASE

SCENARIOS

STRATEGIES

- La construction de la base, où le problème posé est situé dans un environnement plus large, et où l'on étudie l'état actuel du système ainsi constitué, afin d'en comprendre les mécanismes et d'en déceler les perspectives d'évolution.
- L'élaboration de scénarios, où, à partir des résultats de la phase précédente, on obtient des probabilités de réalisation pour les différentes images finales possibles, ce qui permet de mettre en avant parmi les scénarios les plus probables un scénario de référence, que l'on complète par l'étude de scénarios contrastés (scénario optimiste et scénario pessimiste).
- Le choix des actions stratégiques qu'il faut développer, afin que l'entreprise puisse atteindre ses objectifs, compte tenu des possibilités d'évolution du système dans lequel elle se trouve impliquée.

## I. - CONSTRUCION DE LA BASE

La première phase vise à construire la "base" c'est-à-dire une "image" de l'état actuel du système à partir de laquelle l'étude prospective pourra se développer.

Cette image doit être :

- . détaillée et approfondie sur les plans quantitatif et qualitatif,
- . globale (économique, technologique, politique, sociologique,...),
- . dynamique, mettant en évidence les tendances passées et les faits porteurs d'avenir,
- . explicative du système.

La construction de la base comprend quatre étapes :

- la délimitation du système constitué par l'off-shore et son environnement (politique, économique, technologique, etc...),
- la détermination des variables essentielles,
- l'analyse explicative du rôle joué par ces variables,
- l'analyse de la stratégie des acteurs.

### 1.1 - Délimitation du système

La délimitation du système étudié constitue une phase très importante. En effet, il convient de ne pas exclure à priori du champ de l'étude les éléments techniques, économiques et politiques qui sont actuellement sans influence sur l'industrie off-shore, mais qui pourraient à long terme infléchir de façon accentuée l'évolution du système dans lequel celle-ci est impliquée. A l'inverse on doit éviter de tomber dans l'écueil qui consisterait à faire pour chaque étude une prospective de l'ensemble de la société.

Délimiter le système consiste à dresser une liste la plus complète possible des variables à prendre en compte, quantifiables ou non, afin d'avoir une vision globale, aussi exhaustive que possible, du système que constituent l'industrie off-shore et son environnement. On parvient ainsi à une définition assez précise de ce système. Pour aboutir à ce résultat on fait appel à un certain nombre de méthodes comme par exemple : entretiens avec des spécialistes de l'industrie et de l'économie pétrolière, brainstorming, constitutions de check-lists, etc ...

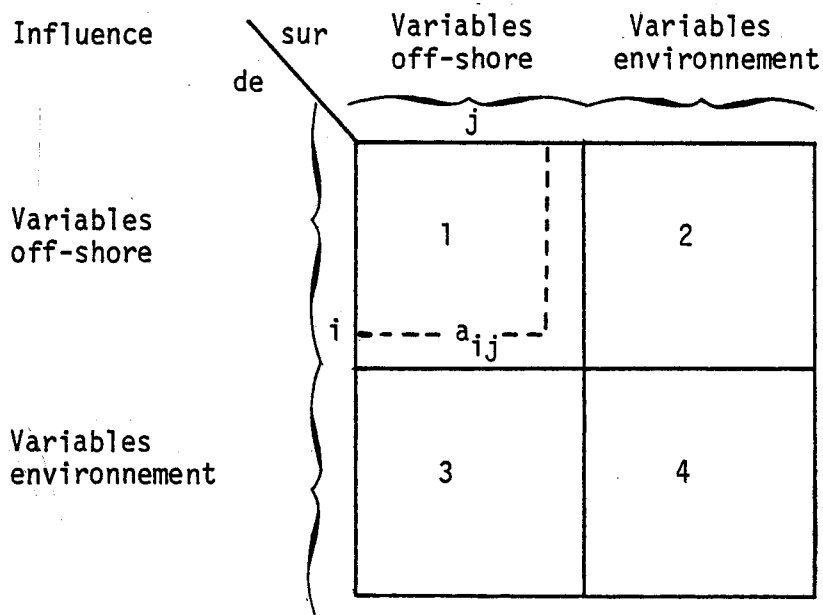
On a ainsi caractérisé le système off-shore par des variables concernant directement l'off-shore (production pétrolière et réserves des différentes zones off-shore, innovation technologique, disponibilité en personnel qualifié, attribution des permis, etc ...), mais aussi l'environnement (variables pétrolières, énergétiques, économiques, politiques, géographiques, etc ...) et par des relations entre ces différentes variables.

En effet, dans une vision systémique du monde, une variable n'existe que par ses relations ; c'est d'ailleurs la présence intuitive de certaines relations qui nous a fait penser à telle ou telle variable au cours de l'établissement de la liste précédente.

On construit un tableau carré à double entrée (la matrice d'analyse structurelle), où à chaque variable correspond une ligne et une colonne. Ce tableau variables/variables est renseigné dans chaque case par un "0" ou un "1", indiquant l'absence ou l'existence d'une relation directe entre les deux variables correspondantes.

A cette occasion, il convient de noter que l'analyse structurelle représente aussi une procédure d'interrogation systématique ; sans le support de la matrice, parmi les  $N \times N$  questions que le remplissage de la matrice amène à se poser, il y en a beaucoup qui ne seraient pas nécessairement venues à l'esprit.

Finalement, la matrice d'analyse structurelle se présente sous la forme suivante :



Le bloc n° 1 : relations entre les variables off-shore

Le bloc n° 2 : influence des variables sur l'environnement

Le bloc n° 3 : influence de l'environnement sur le sous-système off-shore

Le bloc n° 4 : relations entre les variables de l'environnement

Avec  $a_{ij} = 1$  : si une variation de la variable  $i$  entraîne une variation de la variable  $j$ .

$a_{ij} = 0$  : dans le cas contraire.

L'analyse structurelle permet donc d'une part de délimiter et de représenter le système étudié, mais aussi d'ordonner et de classer les idées.

Elle aide à créer un langage commun, favorisant le dialogue et l'échange et la réflexion au sein d'une équipe de travail.

## 1.2 - Détermination des variables essentielles

Toutes les variables retenues (de l'ordre d'une centaine) sont en relation directe ou indirecte avec le système constitué par l'off-shore et son environnement. Cependant, il faut réduire la complexité d'un tel système, car il n'est pas possible de faire porter l'effort de prospective sur chacune d'entre elles.

Il convient alors de mettre en évidence, au travers du tissu relationnel que décrit la matrice d'analyse structurelle, quelles sont les variables essentielles, c'est-à-dire quelles sont celles qui auront la plus grande valeur explicative pour l'évolution du système.

Un simple examen de cette matrice permet de voir quelles sont les variables qui ont la plus grande action directe, mais ne suffit pas à déceler les variables "cachées" qui ont parfois une grande influence sur le problème étudié.

En effet, outre les relations directes, il existe aussi des relations indirectes entre variables par des chaînes d'influence et des boucles de réaction (feedbacks). Une matrice courante comportant plusieurs dizaines de variables peut renfermer plusieurs millions d'interactions sous forme de chaînes et de boucles. Il est impossible à l'esprit humain de se représenter et d'interpréter un tel réseau de relations.

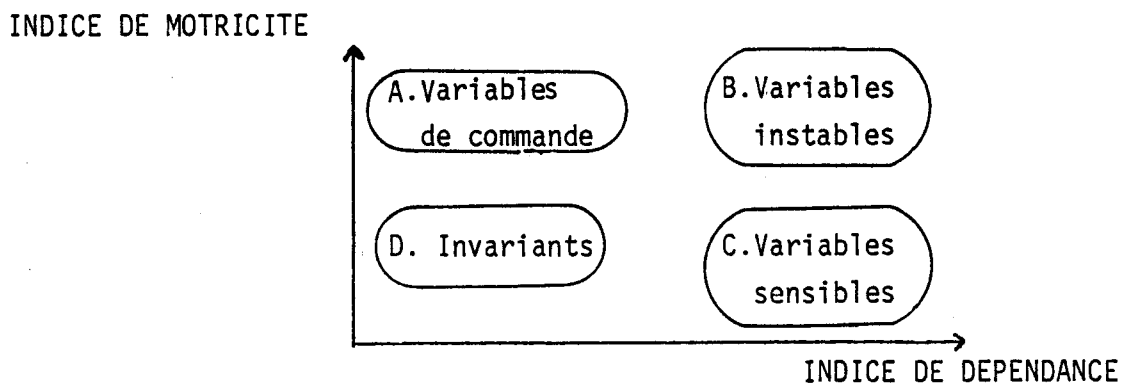
Une exploitation plus poussée de la matrice d'analyse structurelle, par la méthode MICMAC\*, développée par la SEMA, permet de tenir compte des relations indirectes et des effets de feedbacks entre variables, et fournit deux types de résultats :

- d'une part, un classement des variables off-shore en fonction de leur sensibilité à l'environnement (variables dépendantes) ;

-----  
 \* MICMAC : Matrice d'Impacts Croisés - Multiplication Appliquée à un Classement, développée en annexe 1.

- d'autre part, un classement des variables d'environnement en fonction de leur impact sur les variables off-shore (variables motrices).

Ces deux classements peuvent être visualisés dans le plan motricité - dépendance. On repère ainsi les groupes de variables qui peuvent jouer un rôle essentiel pour l'évolution à long terme du système :



- Les variables se trouvant dans la zone A sont des variables très motrices. C'est donc sur ces variables de commande qu'il faudra éventuellement agir pour rétablir certains équilibres.
- Les variables se trouvant dans la zone B sont à la fois très motrices et très dépendantes. Toute action sur ces variables perturbe le système et provoque une réaction en retour (effet boomerang) sur ces variables qui sont donc instables.
- Les variables se trouvant dans la zone C sont des variables très sensibles. C'est donc sur elles qu'il faut examiner les effets de l'évolution du système en longue période.
- Les variables se trouvant dans la zone D sont peu motrices et peu dépendantes : ce sont souvent les invariants du système.

La mise en avant de certaines variables confirme des intuitions premières, et peut amener, pour d'autres variables, des questions que l'on ne se serait pas posées autrement.



Ainsi, pour l'étude off-shore, la hiérarchisation a fait apparaître que les variables techniques étaient certes très motrices, mais également très dépendantes de l'extérieur (positionnement dans le secteur B).

En particulier, l'industrie off-shore est soumise à l'évolution des conditions politiques environnantes. Il lui faut donc être capable de répondre aux sollicitations extérieures, plutôt que de vouloir susciter son expansion par des développements techniques. Ce n'est pas l'apparition sur le marché d'une flotille de plates formes qui sera à l'origine d'une extension des activités off-shore, contrairement à ce qu'ont pu penser les armateurs norvégiens.

### 1.3 - Analyse explicative du rôle joué par ces variables

L'analyse explicative porte sur les groupes de variables essentielles tels qu'ils ont été mis en évidence par le traitement MICMAC ; elle comprend une rétrospective et une analyse de la situation actuelle.

- L'étude rétrospective évite de privilégier exagérément la situation actuelle dont l'étude peut être biaisée par des facteurs conjoncturels.

Elle a pour objet de dégager les mécanismes et les acteurs déterminants de l'évolution passée du système constitué par l'off-shore et son environnement.

Elle vise également à mettre en évidence les invariants du système et ses tendances lourdes.

- L'analyse de la situation actuelle permet de repérer les germes de changements dans l'évolution des variables essentielles ainsi que les projets des acteurs qui sont à l'origine de cette évolution. A ce titre, cette analyse ne prend pas en considération les seules informations quantifiées ou quantifiables, mais également toutes les données qualitatives : données économiques, facteurs sociologiques, facteurs politiques....

#### 1.4. - Analyse de la stratégie des acteurs

La confrontation des projets des acteurs et leurs moyens d'action réciproques est explicative de la dynamique du système. Il est donc nécessaire de l'analyser pour formuler les hypothèses fondamentales qui permettront la construction des scénarios.

L'ensemble des informations disponibles sur la stratégie des acteurs est regroupée dans le "Tableau de stratégie des acteurs".

Ce tableau se présente sous la forme d'un tableau carré  $n \times n$  acteurs/acteurs\* (voir ci-après) tel que :

- chaque case de la diagonale contient la finalité et les objectifs de l'acteur concerné,
- les autres cases contiennent les moyens d'actions dont dispose chaque acteur sur chacun des autres pour faire aboutir son projet.

#### EXEMPLE :

Case 1 : Finalité des compagnies pétrolières multinationales :  
Contrôle du secteur énergétique

- . maintien d'un taux de rentabilité du capital,
- . diversification géo-politique,
- . diversification énergétique,
- . leadership technologique.

-----

\* Chaque famille d'acteurs regroupe des éléments présentant une certaine homogénéité de comportement vis-à-vis du problème étudié et des autres acteurs. Ainsi, le Groupe "Etats Producteurs Consommateurs" regroupe les Etats-Unis, le Canada, l'URSS, la Chine, le Royaume-Uni et la Norvège. Ces regroupements n'excluent pas la possibilité de conflits internes ou de scission.

Case 2 : Actions possibles des Compagnies Pétrolières Multinationales sur les Etats producteurs consommateurs :

- . pénétration du personnel politique,
- . manipulation de l'opinion publique,
- . organisation de pénuries artificielles,
- . cessation d'activités,
- . mise en valeur des ressources (off-shore).

Case 3 : Action des pays producteurs consommateurs sur les Compagnies Pétrolières Multinationales :

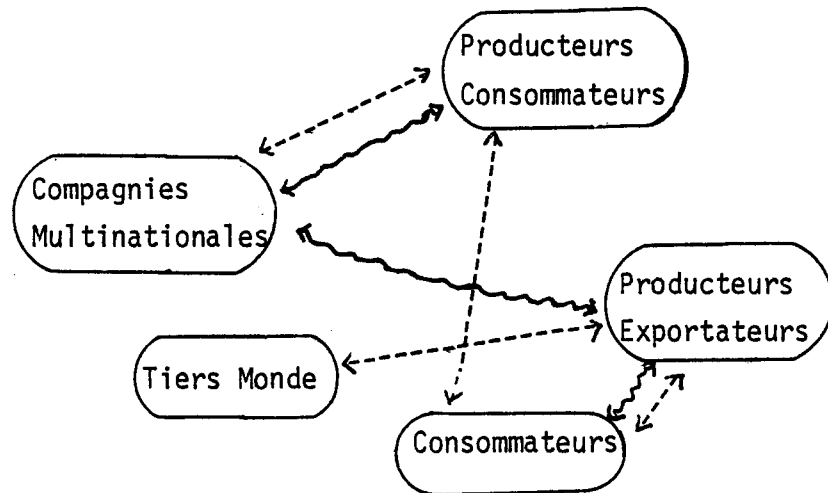
- . taxation sur les profits,
- . législations minières,
- . attribution de concessions,
- . nationalisations (partielles ou totales)
- . contrôle et orientations des activités (off-shore).

etc ...

DE \ SUR ACTIONS	Compagnies pétrolières multinationales	Etats Producteurs Consommateurs	Etats Producteurs Exportateurs	Etats Consommateurs	Tiers-Monde
Compagnies pétrolières multinationales	FINALITE Objectifs - - - (1)	(2)			
Etats Producteurs Consommateurs	(3)	FINALITE Objectifs - - -			
Etats Producteurs Exportateurs			FINALITE Objectifs - - -		
Etats Consommateurs				FINALITE Objectifs - - -	
Tiers-Monde					FINALITE Objectifs - - -

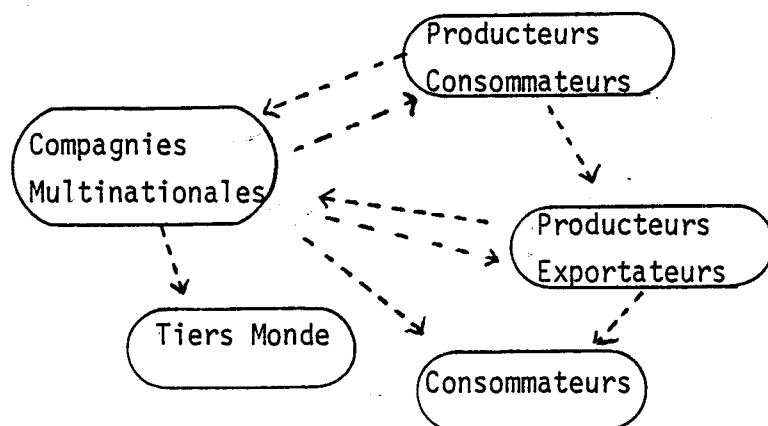
L'utilisation de ce tableau conduit à mettre en évidence les conflits possibles et les mécanismes d'évolution pouvant jouer.

La confrontation des finalités et des objectifs des différents acteurs (cases diagonales du tableau de stratégie des acteurs) permet de repérer les possibilités d'alliance et de conflit, que l'on peut visualiser au moyen d'un graphe :



←----→ Intérêts protagonistes (possibilité d'alliance)  
 <-----> Intérêts antagonistes (possibilité conflit)

D'autre part, la confrontation des moyens d'action des acteurs (cases non diagonales du tableau de stratégie des acteurs) décrit les rapports de force entre acteurs, que l'on peut également visualiser par un graphe :



A ----> B : l'acteur A dispose d'un moyen d'action important sur l'acteur B

La comparaison de ces deux graphes permet de repérer les conflits auxquels sont associés des moyens d'action, ainsi que les alliances les plus utiles aux différents acteurs. Ainsi, les compagnies multinationales sont impliquées dans deux conflits importants, et leurs adversaires disposent d'importants moyens d'action : on doit donc envisager la possibilité d'une disparition de cet acteur. De même, on remarque que les états consommateurs sont assez démunis en moyens d'action sur les pays exportateurs d'où la nécessité pour eux de rechercher une alliance avec les pays producteurs-consommateurs.

## 2 - ELABORATION DES SCENARIOS

Compte tenu des facteurs moteurs, des tendances, des stratégies des acteurs et des germes de changement dégagés dans la phase précédente, on met en oeuvre la méthode des scénarios\* en faisant jouer les mécanismes d'évolution et en confrontant les stratégies des acteurs (alliances et conflits possibles).

Ainsi, le jeu des rapports de force entre acteurs permet la construction de scénarios. Mais, comme certains domaines déterminants pour l'avenir sont incertains, notamment l'issue des conflits possibles on doit faire des hypothèses à leur propos.

De même, l'évolution des tendances décelées n'est pas toujours certaine et là aussi des hypothèses sont parfois nécessaires.

Ces hypothèses fondamentales permettent d'esquisser les grandes lignes de l'image finale du scénario que l'on construira ensuite.

-----  
\* Un scénario est l'ensemble formé par la description d'une situation future (ou "image finale") et du cheminement cohérent qui part de la situation actuelle pour y aboutir.

Les hypothèses retenues pour l'étude off-shore sont :

- H<sub>1</sub> - Maintien du leadership américain sur la scène mondiale
- H<sub>2</sub> - Solidarité des pays de l'OPEP
- H<sub>3</sub> - Maintien de la puissance des Majors (grandes compagnies pétrolières)
- H<sub>4</sub> - Augmentation considérable des réserves d'hydrocarbures dans la zone non contrôlée par l'OPEP avant 1980.
- H<sub>5</sub> - Fixation d'un prix-plancher du pétrole de l'ordre de 7-8 \$ par baril. (garantissant la rentabilité des investissements énergétiques).
- H<sub>6</sub> - Forte croissance des activités off-shore.

En général, on formule aussi quelques dizaines d'hypothèses complémentaires liées aux hypothèses principales.

## 2.1 - Le choix des images finales

Si on a caractérisé les possibilités d'évolution du problème étudié par la réalisation ou non de  $n$  hypothèses fondamentales, on obtient  $2^n$  images finales possibles.\*

La méthode SMIC\*\* permet, à partir de probabilités affectées aux hypothèses, d'obtenir une hiérarchie des  $2^n$  images finales possibles, classées par probabilités décroissantes, ce qui permet de choisir l'image correspondant au scénario le plus probable, et les images finales des scénarios contrastés.

Compte tenu de l'incertitude qui pèse sur les hypothèses, cette méthode s'appuie sur la consultation d'experts.

Elle consiste :

- a) A recueillir auprès d'experts les probabilités que l'on peut affecter à la réalisation ou non des hypothèses : probabilités simples de réalisation de chaque hypothèse et aussi probabilités conditionnelles, car les hypothèses peuvent être liées entre elles.

Les experts consultés par questionnaire (plusieurs dizaines) sont choisis, en fonction du domaine à explorer, dans différents secteurs (gouvernements, banques, compagnies pétrolières, organisations internationales, universités, etc ...).

- b) A calculer les probabilités affectées par chaque expert aux différents scénarios possibles, et à les hiérarchiser.

-----  
\* Si  $n = 2$ , on a 2 hypothèses  $H_1$  et  $H_2$ , et 4 images finales possibles :

$H_1$  et  $H_2$  réalisées

$H_1$  réalisée,  $H_2$  non réalisée et vice versa

$H_1$  et  $H_2$  non réalisées

\*\* SMIC : Système et Matrice d'Impacts Croisés, développée en annexe 2

Cf. Revue METRA, volume XIII, n° 4, 1974 : "Prospective des systèmes et construction de scénarios à partir d'une nouvelle méthode d'impacts croisés : SMIC 74".

- c) A effectuer une analyse de sensibilité : en comparant les histogrammes des réponses aux probabilités simples ou conditionnelles, on observe les variations de probabilités. Ceci permet de déduire quelles sont les hypothèses "influentes", et quelles sont les hypothèses "dominées".

Les résultats obtenus à partir des différents experts et des jeux d'hypothèses sont alors confrontés, et l'on dégage :

- d'une part, l'image finale du scénario de référence, qui est l'image la plus souvent citée parmi celles les mieux "placées" par les experts, et qui correspond au jeu d'hypothèses globalement le plus probable.
- d'autre part, deux images "contrastées", choisies parmi les images souvent citées par les experts et ayant une probabilité moyenne de réalisation significative. Les scénarios correspondants décrivent une évolution de l'environnement notoirement différente de celle du scénario de référence.

Pour l'étude off-shore, les 6 hypothèses fondamentales permettent  $2^6 = 64$  combinaisons des 6 hypothèses réalisées ou non sur la période 1975-1990, soit 64 images finales. En fait, pour chaque expert, une quinzaine d'images seulement a une probabilité de réalisation non nulle.

Chaque image est représentée schématiquement par 6 variables binaires (une par hypothèse), chaque variable prenant la valeur 0 ou la valeur 1, selon que l'hypothèse correspondante est réalisée ou non. On procède de la même manière avec les hypothèses complémentaires.

On examine les images les plus probables pour la majorité des experts et on les classe suivant la moyenne de leur probabilité afin de dégager les axes d'évolution les plus probables du contexte pétrolier mondial à partir de la situation actuelle que l'on peut écrire (111000), correspondant à :



- H<sub>1</sub> (Leadership américain) réalisée
- H<sub>2</sub> (Solidarité de l'OPEP) réalisée
- H<sub>3</sub> (Puissance des Majors) réalisée
- H<sub>4</sub> (Croissance des réserves) non réalisée
- H<sub>5</sub> (Garantie des investissements) non réalisée
- H<sub>6</sub> (Croissance forte de l'off-shore) non réalisée.

Chaque axe d'évolution correspond en fait à quelques images finales voisines, dont certaines ont été retenues comme images intermédiaires, dans la mesure où les experts qui les font apparaître ont une vision plus lente de l'évolution mondiale.

On obtient alors trois axes d'évolution :

- l'axe des scénarios Nord-Sud. Ces scénarios sont fondés sur la coexistence entre le bloc Nord, où les États-Unis jouent un rôle prépondérant, et le bloc Sud, où les pays-membres de l'OPEP ont réussi à créer une certaine uniformité de points de vue sur les grands problèmes internationaux. Le dialogue Nord-Sud s'établit sur des bases où les questions pétrolières continuent à jouer un grand rôle, et le pétrole off-shore tient une place économique et stratégique de plus en plus importante. Ces scénarios sont fondés sur une image de la situation 1990 assez peu différente de la situation actuelle sur le plan politique, puisque l'on retrouve les trois principaux partenaires (États-Unis, Majors et OPEP) en présence.

C'est parmi eux que l'on choisit le scénario de référence (111111), qui a obtenu la probabilité moyenne la plus élevée.

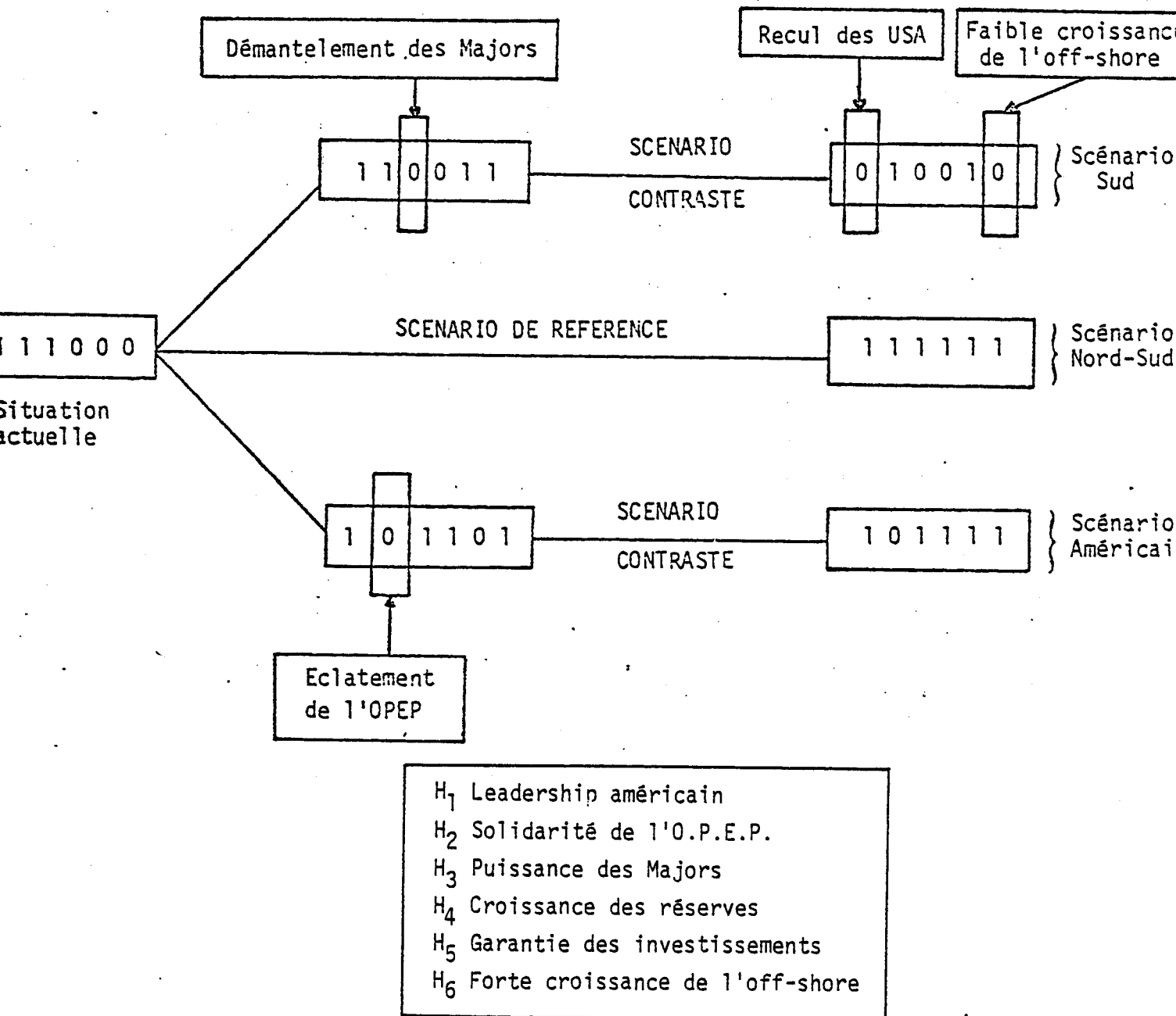
- l'axe des scénarios américains. Il est caractérisé par le maintien de la puissance américaine, sur les plans politiques, économiques et pétroliers (maintien de la puissance des Majors). Il passe par l'éclatement de l'OPEP, ce qui entraîne une évolution très importante du contexte géo-politique par rapport à la situation actuelle.

Des activités off-shore très importantes continuent à avoir lieu sur la période 1975-1990, car une croissance économique, entraînant une forte augmentation des besoins en énergie, est assez probable pour ces scénarios.

- l'axe des scénarios Sud. Il amène à une situation très contrastée par rapport au second axe, et caractérisée par la domination du bloc Sud et le recul des Etats-Unis, pouvant entraîner un déclin relatif de l'off-shore, dû soit à une crise socio-économique grave chez les pays industrialisés, et/ou à un recours aux autres formes d'énergie, soit à une collaboration Europe - Tiers-Monde avec une exploitation massive des ressources pétrolières du Moyen-Orient. Il aboutit à deux images contrastées du point de vue des activités off-shore.

Compte tenu des probabilités affectées par les experts, et des résultats de la méthode SMIC, on a choisi l'image (111111) comme image finale du scénario de référence, et les images (101111) et (010010) pour les scénarios contrastés.

Le schéma ci-dessous illustre les cheminements et les images finales retenues pour les trois scénarios que l'on a choisi de développer :



## 2.2 - L'élaboration des scénarios

A ce stade, les scénarios sont encore à l'état embryonnaire, puisqu'ils se limitent chacun à des jeux d'hypothèses réalisés ou non.

Le questionnaire envoyé aux experts, qui a permis de probabiliser les jeux d'hypothèses fondamentales, contenait aussi des questions complémentaires destinées à préciser l'impact de la réalisation ou de la non réalisation des hypothèses fondamentales sur différentes parties du système.

On peut alors, à partir des jeux d'hypothèses fondamentales et des réponses aux questions complémentaires, utiliser les relations décrites dans le tableau de stratégie des acteurs et la matrice d'analyse structurelle pour construire des scénarios détaillés du système à l'horizon choisi.

Il s'agit ensuite de décrire l'évolution conduisant de la situation actuelle aux images finales retenues pour le scénario de référence et pour les scénarios contrastés.

L'élaboration d'un scénario repose le plus souvent sur le découpage de la période d'étude en sous-périodes successives avec des images intermédiaires\*. Naturellement, le nombre de ces sous-périodes dépend des cycles propres au système étudié.

Afin d'assurer la cohérence des cheminements entre les différentes images (situation actuelle, images intermédiaire et finale), on est amené à compléter au cours du raisonnement les jeux d'hypothèses fondamentales. Ces hypothèses complémentaires résultent soit des conclusions auxquelles on arrive progressivement (en utilisant les informations recueillies dans la base, et notamment le tableau de stratégie des acteurs), soit sont induites par les hypothèses fondamentales.

---

\* Analyse diachronique et synchronique.

La méthode des scénarios consiste donc, en faisant jouer les mécanismes d'évolution compatibles avec les jeux d'hypothèses retenues, à décrire de façon cohérente le cheminement entre la situation actuelle et l'horizon choisi, en suivant l'évolution des principales variables du phénomène que l'analyse structurelle avait dégagées. On complète le scénario par une description détaillée de l'image finale (et des images intermédiaires si nécessaire).

Pour l'étude off-shore, 1980 est une étape importante, aussi bien en ce qui concerne les projets des acteurs (par exemples, le projet de l'OPEP prévoit un maintien, en monnaie constante, du prix du pétrole jusqu'à cette date, et une forte augmentation ensuite) que pour des motifs spécifiques (temps de réponse des campagnes de prospections pétrolières, carnets de commandes des constructeurs d'équipements, etc...).

Il paraît alors utile de distinguer deux sous-périodes : 1975-1980 d'une part, 1981-1990 d'autre part, et d'arrêter aux dates 1980 et 1990 une image de la situation mondiale et du contexte off-shore qui en résulte.

Les scénarios comprennent cinq parties :

- la période 1975-1980,
- l'image 1980,
- la période 1981-1990,
- l'image 1990,
- les prévisions off-shore 1975-1980-1990.

Chaque période est étudiée dans son contexte politique, économique, énergétique, pétrolier et off-shore.

On est alors en mesure d'établir, zone par zone, des prévisions concernant les besoins en matériels de forage d'exploration et en plates-formes de production, et ce pour chaque scénario. En effet, un modèle de prévision ne vaut que par ses hypothèses, et un scénario fournit précisément un cadre cohérent, permettant d'étayer la prévision.

Les scénarios fournissent également un cadre pour analyser les conditions de l'évolution de l'industrie off-shore : modification des relations entre industriels et compagnies pétrolières, entre compagnies pétrolières et Etats, financement, restructuration, etc...

### 3 - AIDE A LA DECISION

Les résultats des phases précédentes se présentent sous la forme de trois scénarios d'évolution du contexte off-shore pétrolier mondial. Cette phase exploratoire est à compléter par une phase normative au cours de laquelle sont étudiées les conséquences de ces scénarios pour les industriels concernés par les activités off-shore.

L'étape suivante consiste à définir une stratégie de développement, c'est-à-dire l'élaboration prévisionnelle des moyens à mettre en oeuvre, des actions à engager pour atteindre les objectifs que l'entreprise se sera fixés.

Une stratégie se construit à partir d'un ensemble d'actions telles que :

- leurs conséquences à court, moyen et long terme n'aillent pas à l'encontre des objectifs visés mais bien au contraire concourent à les atteindre ;
- elles soient cohérentes entre elles ;
- à tout instant, la batterie d'actions à entreprendre ou à poursuivre soit pertinente vis-à-vis de l'évolution de l'environnement.

Ce dernier point est fondamental. En effet, s'il est relativement aisé de définir une stratégie qui aujourd'hui semble bien adaptée à la situation actuelle, on peut sans doute être amené à l'infléchir pour tenir compte des modifications du contexte externe et même interne. Il se peut que ces modifications soient légères et que le changement de cap s'effectue moyennant quelques réglages de voiles. (actions conjoncturelles). Mais il se peut aussi que ces modifications obligent à remettre en cause les décisions prises jusqu'alors, et que l'on soit contraint de faire table rase moyennant une nouvelle batterie d'actions, (actions structurelles) pour s'adapter efficacement.

Ces actions doivent viser :

- à oeuvrer, si cela est possible, pour favoriser la réalisation effective des scénarios les plus favorables aux objectifs de l'entreprise,
- à limiter les conséquences néfastes d'une évolution proche du scénario pessimiste,
- à faciliter l'insertion de l'activité future de l'entreprise dans un environnement en constante évolution.

La multiplicité des actions possibles pose le problème du choix de celles qui sont les plus judicieuses, compte tenu des objectifs visés par l'entreprise et des contraintes qu'elle subit.

La SEMA a développé des méthodes de choix en avenir incertain en présence de critères multiples\*.

Ces méthodes permettent :

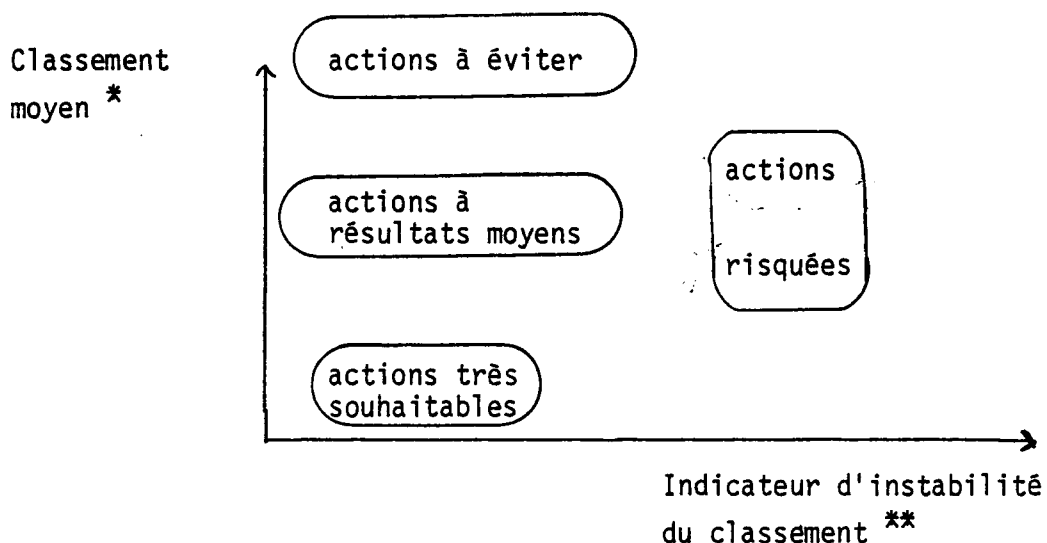
- d'évaluer les conséquences de chacune des actions possibles, dans les différents contextes décrits par les scénarios,
- de juger chaque action selon les critères que l'entreprise doit prendre en considération (critères financiers, techniques, stratégiques, commerciaux, etc...),
- de mettre en avant le groupe d'actions à entreprendre en priorité, compte tenu des probabilités d'apparition des différents scénarios.

---

\* Cf. Brochure "Méthodes multicritères" disponible à SEMA-PROSPECTIVE.



Certaines actions sont bonnes dans toutes les hypothèses de scénarios, d'autres ne sont bonnes que dans certaines hypothèses et comportent donc un risque qu'il convient d'évaluer, ce que l'on peut représenter ainsi :



Le risque encouru est ainsi explicitement pris en compte dans les choix de stratégie par les méthodes multicritères.

\* \* \*

\*

Ainsi, la méthode des scénarios SEMA-PROSPECTIVE :

- fournit par l'analyse structurelle une vision globale du phénomène étudié et de son environnement ;
- appréhende par la méthode MICMAC, la dynamique du système ;

---

\* L'indicateur de classement moyen d'une action peut par exemple être la moyenne des classements des actions dans les différentes hypothèses de scénarios, pondérés par les probabilités des scénarios.

\*\* Par exemple : écart type, écart entre le meilleur et le plus mauvais classement.

- donne une vision multiple d'un avenir de toutes façons incertain : la méthode des scénarios complétée par la méthode SMIC aide à cerner ces avènements possibles ;
- enfin, aide à la décision en avenir incertain ; elle permet de choisir, en mettant le maximum d'atouts de son côté, la stratégie qui, au milieu des contraintes de toutes sortes et des orientations déjà prises, sera à même de réaliser le projet de développement choisi par les responsables concernés.

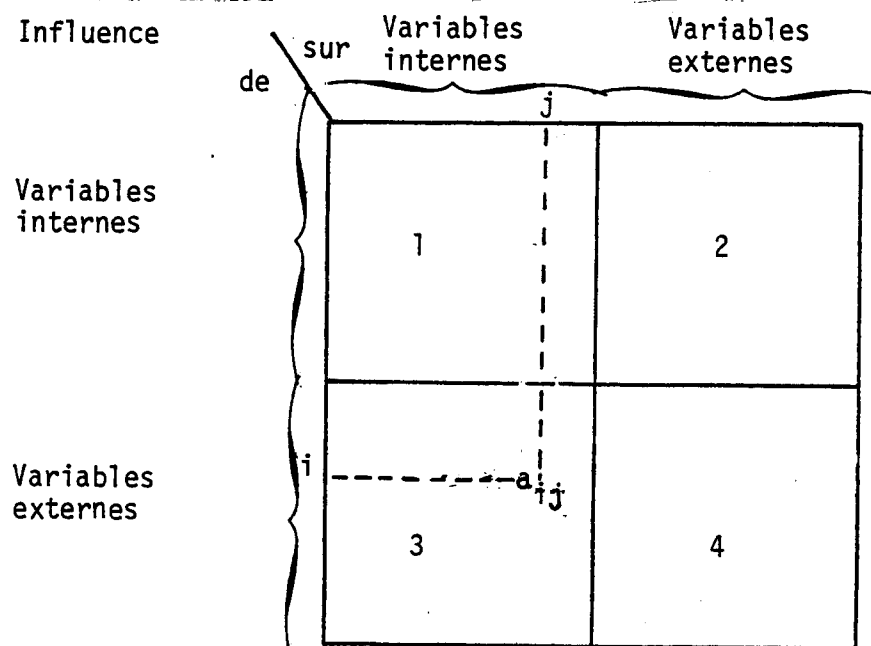
ANNEXES

LA METHODE MICMAC - CHOIX DES VARIABLES ESSENTIELLES
--

La méthode MICMAC (Matrice d'Impacts Croisés - Multiplication appliquée à un classement) a pour objectif de dégager les variables explicatives "essentiellles", à partir d'un tableau d'analyse structurelle.

Un tel tableau traduit qualitativement l'existence ou la non existence de relations entre les variables caractérisant le phénomène étudié.

Les variables sont en général divisées en deux groupes : celui des variables internes au domaine considéré, et celui des variables externes décrivant son environnement. Le tableau se présente alors comme suit :



Le bloc n° 1 : relations entre les variables internes

Le bloc n° 2 : influence des variables internes sur l'environnement

Le bloc n° 3 : influence de l'environnement sur le sous-système interne

Le bloc n° 4 : relations entre les variables externes

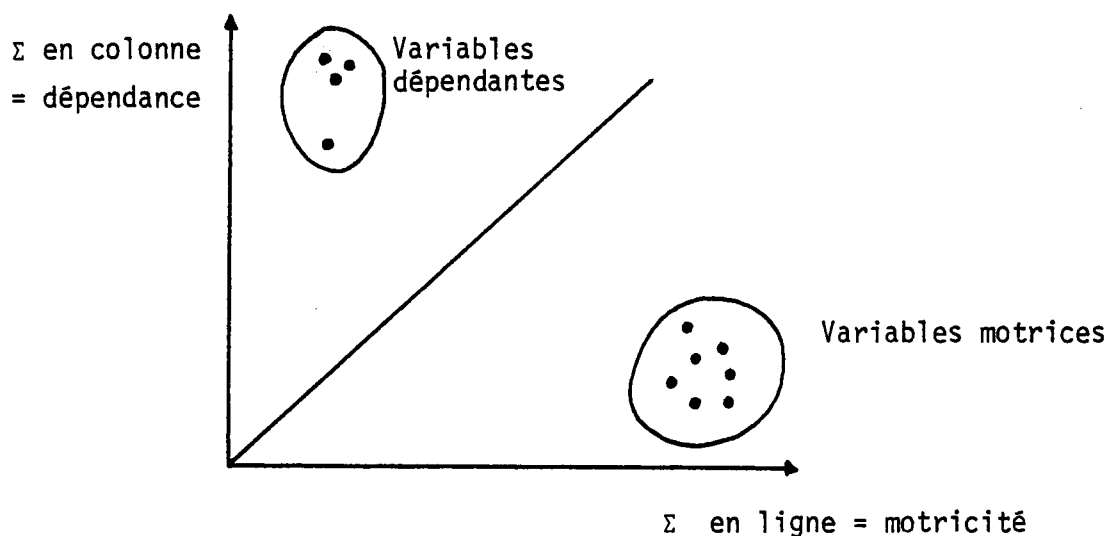
Avec  $a_{ij} = 1$  : si la variable  $i$  exerce une influence sur la variable  $j$   
 $= 0$  : dans le cas contraire.

## I - CLASSEMENT DIRECT

On obtient une première série d'informations en analysant tout d'abord les influences directes : la somme de la  $i^{\text{ième}}$  ligne représente le nombre de fois où la variable  $i$  a une action sur le système. Ce nombre constitue un indicateur de motricité de la variable  $i$ .

De même, la somme de la  $j^{\text{ième}}$  colonne représente le nombre de fois où  $j$  subit l'influence des autres variables, et constitue un indicateur de dépendance de la variable  $j$ .

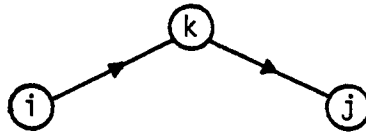
On obtient ainsi pour chaque variable un indicateur de motricité et un indicateur de dépendance, permettant de classer les variables selon ces deux critères.



La structure par blocs des variables aide à affiner l'analyse. Ainsi, les sommes des différentes lignes du bloc 3 nous donnent les motricités des variables externes sur le sous-système interne : on en déduit quels sont les éléments de l'environnement qui ont apparemment des effets prépondérants sur le sous-système interne. De même, les sommes en colonne du bloc 3 font apparaître la dépendance des variables du sous-système interne vis-à-vis de l'extérieur.

## 2 - CLASSEMENT MICMAC

Si la variable  $i$  influence directement la variable  $k$  et si  $k$  influence directement la variable  $j$ , on a le schéma suivant :



Dans ce cas, tout changement affectant la variable  $i$  peut se répercuter sur la variable  $j$ . Il y a une relation indirecte entre  $i$  et  $j$ .

Il existe dans la matrice d'analyse structurelle de nombreuses relations indirectes du type  $i \rightarrow j$  que le classement direct ne permet pas de prendre en considération.

L'élévation au carré de la matrice met en évidence les relations d'ordre 2 telles que  $i \rightarrow j$ .

En effet,  $A^2 = A \times A = \{a^2_{ij}\}$

$$\text{Avec } a^2_{ij} = \sum_k a^1_{ik} \cdot a^1_{kj}$$

Quand  $a^2_{ij}$  n'est pas nul, c'est qu'il existe au moins un  $k$  tel que  $a^1_{ik} \cdot a^1_{kj} = 1$ , c'est à dire qu'il existe au moins une variable intermédiaire  $k$  telle que la variable  $i$  agisse sur  $k$  ( $a^1_{ik} = 1$ ) et que la variable  $k$  agisse sur la variable  $j$  ( $a^1_{kj} = 1$ ).

On dit qu'il y a un chemin d'ordre 2 allant de  $i$  vers  $j$  ; si  $a^2_{ij} = N$ , il y a  $N$  chemins de longueur 2 allant de  $i$  vers  $j$ , et passant par  $N$  variables intermédiaires. En particulier, si  $a^2_{ii} = N$ , il y a  $N$  circuits (ou boucles d'influence) de longueur 2 passant par la variable  $i$ .

En calculant  $A^3, A^4, \dots, A^n$ , on obtient de la même façon le nombre de chemins d'influence (ou de boucles d'influence) d'ordre 3, 4, ...  $n$ , reliant les variables entre elles.

On en déduit, à chaque itération, une nouvelle hiérarchie des variables, classées cette fois en fonction du nombre des actions indirectes (des influences) qu'elles exercent sur les autres variables. On constate que à partir d'une certaine puissance\*, la hiérarchie reste stable. C'est cette hiérarchie qui constitue le classement MICMAC.

Quand la somme en ligne  $\sum_j a_{ij}^n$  est élevée pour la variable  $i$ ,

( $a_{ij}^n$  étant un élément de la matrice élevée à la puissance  $n$ ) cela signifie qu'il existe un grand nombre de chemins de longueur  $n$  partant de la variable  $i$ , et que la variable  $i$  exerce un grand nombre d'influences sur les autres variables du système (ou du sous-système, si l'on s'intéresse à un bloc).

Le classement MICMAC permet donc de classer les variables en fonction de l'influence qu'elles exercent (ou qu'elles subissent), en tenant compte de l'ensemble du réseau des relations décrit par la matrice d'analyse structurelle.

La comparaison des classements (direct et MICMAC) permet bien sûr de confirmer l'importance de certaines variables, mais amène également à découvrir que d'autres variables, que l'on pensait à priori peu importantes, jouent, du fait des actions indirectes, un rôle prépondérant, et que ce serait une erreur grave de les négliger au cours de l'analyse explicative.

-----  
\* En général pour  $n = 8$  ou  $9$ .



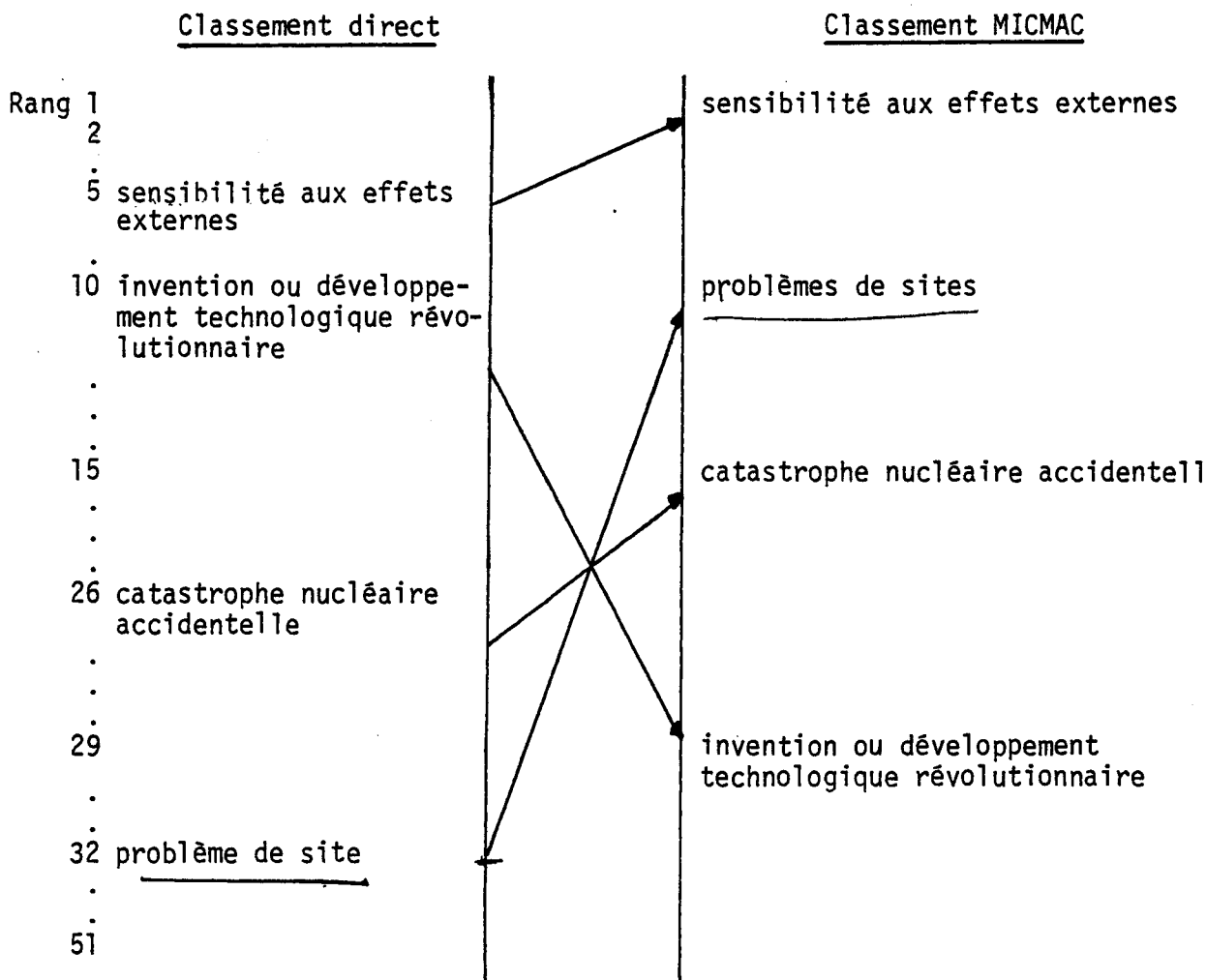
### 3 - COMPARAISON DES DEUX CLASSEMENTS

Il est intéressant de visualiser l'évolution de la hiérarchie entre les deux classements.

L'exemple ci-dessous est extrait d'une étude prospective de l'énergie nucléaire en France entreprise au C.E.A. en 1972.

En adoptant différents points de vue, (politique, économique, technologique, etc ...) le groupe de réflexion constitué à l'occasion de l'étude a retenu une liste de 51 variables qu'il convient de prendre en compte.

Les résultats obtenus se présentent de la façon suivante :



La variable "sensibilité aux effets externes" passe du cinquième au premier rang. Ainsi, dès 1972 l'analyse structurelle nous a permis de pressentir l'importance de la psychologie collective et des réactions d'opinions pour le développement de l'énergie nucléaire.

Cette variable explique le débat sur le nucléaire entamé en France depuis 1975 et dont les premiers effets sont un ralentissement du programme initialement prévu par E.D.F.

La variable "problèmes de sites pour l'implantation de centrales nucléaires" qui est 32ème dans le premier classement, devient 10ème dans le second ; la variable "catastrophe nucléaire accidentelle" passe entre le premier et le second classement du 26ème au 15ème rang. Ce qui signifie que les effets indirects (notamment psycho-sociologiques) d'une catastrophe nucléaire accidentelle sont toutes proportions gardées, plus importantes et plus durables que les effets directs (milliers de morts, réaction de l'opinion ...).

Ce changement de classement traduit un phénomène bien connu : "la peur de l'atome" si puissante aujourd'hui s'explique en grande partie par l'explosion atomique d'Hiroshima il y a trente ans.

En revanche, la variable "invention ou développement technologique révolutionnaire" passe du 10ème au 29ème rang entre le premier et le second classement, ce qui signifie que l'inertie du système est telle que les retombées de cette variable sont moins importantes qu'on ne le pense généralement à l'examen des effets directs.

Enfin, il convient de préciser que les résultats de la méthode MICMAC standard ne doivent pas être pris au pied de la lettre ; ils doivent uniquement servir à guider la réflexion, notamment en mettant en relief une nouvelle hiérarchie des variables qui, d'une part, vient confirmer l'intuition première en ce qui concerne l'importance de certaines variables mais qui, d'autre part, vient l'infirmier par certains résultats tout à fait "contre-intuitifs".

LA METHODE SMIC - CHOIX DES IMAGES FINALES
--

## I - LES SCENARIOS POSSIBLES

De même que l'on peut résumer l'histoire passée par une série d'évènements marquants, on peut repérer les futurs possibles par une liste d'hypothèses traduisant, par exemple, le maintien d'une tendance, sa rupture ou le développement d'une tendance encore en germe.

La réalisation, à un horizon donné, d'une hypothèse constitue un évènement et l'ensemble des hypothèses constitue un référentiel dans lequel il y a autant d'états possibles, c'est-à-dire d'images finales que de combinaisons d'évènements.

Pratiquement si l'on considère un système de  $N$  hypothèses ( $h_1, h_2 \dots h_N$ ) il y a  $2^N$  images finales conduisant à autant de scénarios possibles pour ce système. Dire par exemple qu'à tel horizon se produisent  $h_1, h_2, h_4 \dots h_N$  mais non  $h_3$  est l'une de ces  $2^N$  images.

La méthode SMIC permet, à partir d'informations fournies par des experts, de choisir, à partir des  $2^N$  images possibles, quelles sont celles qui méritent d'être plus particulièrement étudiées, compte tenu de leur probabilité de réalisation.

## 2 - L'INFORMATION DISPONIBLE

L'expérience montre que les experts interrogés sur l'évolution probable d'un système ne peuvent fournir qu'une information limitée et parcellaire qui se résume par :

- Les probabilités d'occurrence de chacune des hypothèses dans une période donnée.
- Les probabilités conditionnelles des hypothèses prises deux à deux.

### 3 - SELECTION DES EXPERTS REPRESENTATIFS

Quand le nombre d'experts ayant fourni l'information demandée est élevé, on constitue des groupes d'experts, tels que les experts d'un groupe aient des points de vue très voisins, et que les groupes aient des points de vue assez différents.

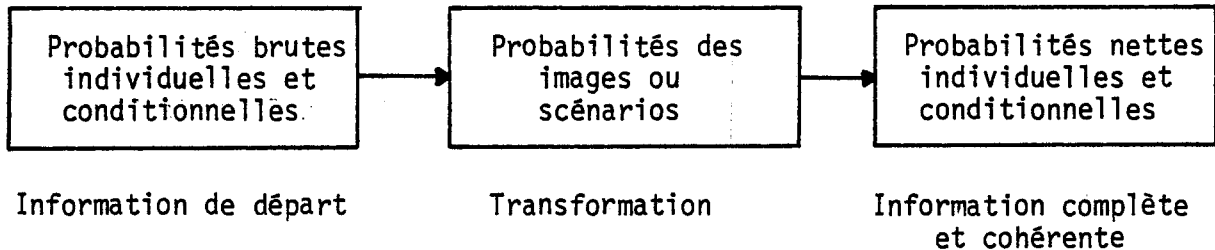
On sélectionne ensuite au sein de chaque groupe un ou plusieurs experts-type (de façon à respecter le poids relatif de chaque groupe) tels que ces experts soient représentatifs de l'opinion émise par le groupe auquel ils appartiennent.

### 4 - PRINCIPE DE LA METHODE DE CALCUL

En fait chaque expert répond en se référant à l'image qu'il se forme de l'évolution du système étudié ; mais cette image reste implicite et inexprimée dès lors que le système comporte plusieurs dimensions dépendantes les unes des autres : les descriptions partielles que l'expert en donne à travers les diverses probabilités conditionnelles peuvent donc être partiellement incohérentes entre elles.

La méthode SMIC corrige les opinions brutes exprimées par les experts représentatifs de chaque groupe de manière à obtenir des résultats nets cohérents (c'est-à-dire satisfaisant aux contraintes classiques sur les probabilités), les plus proches possibles des estimations initiales : chaque probabilité doit être comprise entre zéro et un ; la probabilité d'avoir une hypothèse doit être égale à la probabilité d'avoir cette hypothèse et n'importe quelle autre, plus la probabilité d'avoir cette hypothèse et le contraire de cette autre, c'est la règle de la somme ; il y a aussi la règle du produit, etc ...).

Le principe retenu est d'obtenir des probabilités nettes cohérentes par l'intermédiaire des probabilités des images, c'est-à-dire de l'opinion globale inexprimée mais implicite.



Calcul des probabilités des images finales à partir de l'information fournie par un expert.

Les  $2^N = r$  situations possibles du système constitué par les  $N$  hypothèses sont :

$$\begin{aligned}
 E_1 &= (h_1, h_2, \dots, h_i, \dots, h_N) \\
 E_2 &= (\bar{h}_1, h_2, \dots, h_i, \dots, h_N) \text{ (} h_1 \text{ non réalisée)} \\
 E_3 &= (h_1, \bar{h}_2, \dots, h_i, \dots, h_N) \text{ (} h_2 \text{ non réalisée)} \\
 E_r &= (\bar{h}_1, \bar{h}_2, \dots, \bar{h}_i, \dots, \bar{h}_N) \text{ (aucune hypothèse réalisée)}
 \end{aligned}$$

Chaque situation (ou image)  $E_k$  possède une probabilité de réalisation  $\Pi_k$  inconnue, que l'on veut connaître.

A chaque hypothèse isolée  $h_i$ , on peut associer des probabilités théoriques individuelles et conditionnelles qui s'expriment en fonction des  $\Pi_k$ .

1) Probabilité de  $h_i$

$$p^*(i) = \sum_k \theta_{ik} \Pi_k \quad (1)$$

Avec  $\theta_{ik} = 0$  si  $h_i$  ne figure pas dans  $E_k$

$\theta_{ik} = 1$  si  $h_i$  figure dans  $E_k$

La relation (1) exprime que la probabilité de l'hypothèse  $i$  est la somme des probabilités des situations où  $h_i$  est effectivement réalisée.

2) Probabilité de  $h_i$  si  $h_j$  est réalisée

$$P^* (i/j) = \frac{\sum_{k=1}^r t (ijk) \Pi_k}{P (j)} \quad \forall (ij) \quad (2)$$

avec  $t (ijk) = 1$  si  $h_i$  et  $h_j$  figurent dans  $E_k$

$t (ijk) = 0$  si  $h_i$  ou  $h_j$  ne figure pas dans  $E_k$

En effet, on a  $P (i,j) = P (i/j) \cdot P (j)$ , et la probabilité pour que  $h_i$  et  $h_j$  soient réalisés ensemble est égale à la somme des probabilités des situations où  $i$  et  $j$  sont simultanément réalisés.

3) Probabilité de  $i$  si non  $j$ 

$$P^* (i/\bar{j}) = \frac{\sum_{k=1}^r S (ijk) \Pi_k}{1 - P (j)} \quad \forall (ij) \quad (3)$$

avec  $S (ijk) = 1$  si  $h_i$  et  $\bar{h}_j$  figurent dans  $E_k$

$S (ijk) = 0$  si  $h_i$  ou  $\bar{h}_j$  ne figure pas dans  $E_k$

Les conditions à respecter, vérifiées par construction sont :

a)  $0 < P^* ( ) < 1$

b)  $P^* (i/j) \cdot P^* (j) = P^* (j/i) \cdot P^* (i) = P^* (i,j)$

c)  $P^* (i/j) \cdot P^* (j) + P^* (i/\bar{j}) \cdot P^* (\bar{j}) = P^* (i)$

Les contraintes a, b, c, sont vérifiées par les probabilités théoriques mais non par les probabilités estimées, par conséquent la fonction objectif que nous nous proposons d'optimiser consiste à minimiser la différence entre les produits  $P (i/j) \cdot P (j)$  résultant des estimations fournies par les experts et les produits théoriques  $P^* (i/j) \cdot P^* (j)$ , qui s'expriment en fonction des  $\Pi_k$ .

Ce qui revient à chercher les probabilités  $(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_k, \dots, \pi_r)$  des R situations possibles qui rendent minimum par exemple :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{ij} \{ P(i/j) \cdot P(j) - \sum_{k=1}^r t(ijk) \cdot \pi_k \}^2 \\ + \sum_{ij} \{ P(i/\bar{j}) \cdot P(\bar{j}) - \sum_{k=1}^r S(ijk) \pi_k \}^2 \end{array} \right\}$$

sous les contraintes :

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^r \pi_k &= 1 \\ \pi_k &\geq 0 \quad \forall k \end{aligned}$$

C'est un programme classique de minimisation d'une forme quadratique sous contraintes linéaires.

A ce stade, on peut montrer qu'il y a de multiples solutions pour les  $\pi_k$  alors que les  $P^*$  sont uniques. On introduit alors un critère de choix : on retient comme solution optimale celle qui correspond à l'ensemble des  $\pi_k$  tel que le scénario le plus probable ait la valeur la plus élevée possible, ce qui correspond à la réalité, dans la mesure où la plupart des experts ont en tête, quand ils répondent au questionnaire SMIC, une image finale qu'ils considèrent comme étant nettement plus probable que les autres.

La solution répondant à ce critère, c'est-à-dire  $\max \{ \text{Max } \pi_k \}$  est obtenue facilement par l'algorithme du simplexe, puisqu'il s'agit d'une fonction linéaire en  $\pi$  à optimiser sous des contraintes linéaires.

## 5 - ANALYSE DE SENSIBILITE

~~En comparant les histogrammes des réponses aux probabilités simples et conditionnelles, on observe les variations de probabilités. Ceci permet de déduire quelles sont les hypothèses "influentes" et quelles sont les hypothèses "dominées".~~

L'analyse de sensibilité indique donc quels sont les hypothèses dont il faut favoriser ou empêcher la réalisation pour faire évoluer le système dans le sens souhaité.

## 6 - CHOIX DES IMAGES FINALES

On dispose, pour chaque expert retenu, de la liste des  $2^N$  images classées par ordre de probabilité décroissante.

On dresse alors une liste de quelques images (une dizaine), ces images étant telles que :

- pour chaque expert, la somme des probabilités des images ne figurant pas sur la liste soit faible
- pour chaque image retenue, il existe au moins un expert qui lui affecte une probabilité importante.

On calcule alors pour chaque image la moyenne des probabilités affectées, et l'on obtient une hiérarchie des images finales retenues et des scénarios correspondants.

On choisit alors parmi ces scénarios le scénario de référence (scénario souvent cité, et avec une forte moyenne de probabilités), et les scénarios contrastés.

\*            \*

\*

Finalement, le rôle de la méthode SMIC se résume essentiellement à cerner les avènements les plus probables qui feront l'objet de la méthode des scénarios.

Et, une fois les images finales déterminées, l'objet de la méthode des scénarios consiste alors à décrire de façon cohérente les différents cheminements qui, partant de la situation actuelle, y conduisent.



APPLICATIONS SPECIFIQUES
--------------------------

## I - L'ANALYSE STRUCTURELLE, OUTIL DE DIALOGUE

Ayant eu l'occasion de présenter plusieurs fois la démarche prospective SEMA à des cadres d'une même entreprise, travaillant dans un secteur commun, nous avons noté un vif intérêt pour la méthode MICMAC, se traduisant par le désir de traiter un problème les concernant directement.

- Etablir une liste de variables pour caractériser un phénomène et son environnement est déjà un exercice enrichissant pour les participants, dans la mesure où un effort de définition est nécessaire : chacun ayant une vision parcellaire du phénomène, la juxtaposition des différents points de vue amène le groupe à avoir une vue beaucoup plus globale. De plus, classer les variables en variables internes et variables d'environnement conduit à définir de façon assez précise la frontière du système étudié.
- L'étape suivante (définir les liaisons directes entre variables) est l'occasion de nombreuses discussions entre participants, car là encore les points de vue sont différents, sinon contradictoires : confusions entre l'effet et la cause, mécanismes explicatifs divergents, etc.

La méthode MICMAC est de ce fait un outil de dialogue très constructif, aussi bien au niveau du remplissage de la matrice, qu'au niveau des résultats de la méthode (mise en évidence des variables d'environnement les plus motrices, des variables les plus dépendantes, comparaison du classement direct et du classement MICMAC), créant une optique et un langage communs.

De plus, l'intérêt de la procédure (interrogation systématique) est très facilement perçu par les participants.

On peut donc appliquer la méthode MICMAC à des séminaires de réflexion se déroulant dans les entreprises sous la forme suivante :

- une première session de travail de trois journées, destinée à poser le problème à étudier, et à remplir la matrice ;
- une deuxième session d'une demi-journée, intervenant quinze jours plus tard, destinée à étudier les résultats du traitement MICMAC, et à tirer les conclusions de l'analyse.

## 2 - CLUB SMIC CONJONCTURE

Ce que permet la méthode SMIC est plus riche que ce que donnent les sondages classiques (probabilités des images, cohérence). Par conséquent, on peut réaliser des enquêtes SMIC périodiques sur des problèmes spécifiques\* de conjoncture au sein d'un club. Sont concernés par un tel club au premier chef les syndicats et organisations professionnelles.

Le rôle de la SEMA est de recueillir et de structurer les opinions (parfois divergentes) des experts sur les questions fondamentales que se posent les membres du club. Les résultats se présentent sous la forme de scénarios de conjoncture les plus probables.

-----  
\* Exemple : Club exportation

Les questions SMIC portent sur les taux de changes, l'évolution des marchés extérieurs, de la concurrence, etc.

REFERENCES DE SEMA-PROSPECTIVE

- 1972 MONTEDISON  
Industrie chimique, agriculture et industrie alimentaire.
- 1973 AEROPORT DE PARIS  
1974 Etude prospective du transport aérien en Région Parisienne.
- 1973 ELECTRICITE DE FRANCE  
1974 Recherches prospectives de débouchés à moyen et à long terme pour l'électricité dans ses applications industrielles : sélection de couples - application - secteur - devant faire l'objet de programmes de développement et de promotion.
- 1975 MINISTERE ALGERIEN DE L'INDUSTRIE ET DE L'ENERGIE  
1976 Etude prospective des relations entre les pays développés et le Tiers Monde à l'horizon 1990.
- 1975 ETUDES MULTICLIENTS  
1976 La recherche de l'exploitation du pétrole off-shore 1975-1980-1990.
- 1975 CONFIDENTIEL  
1976 Etude prospective sur la commercialisation de produits industriels.
- 1976 ETUDE MULTICLIENTS  
1977 Prospective des cosmétiques à l'horizon 1985.
- 1976 MINISTERE ALGERIEN DE L'INDUSTRIE ET DE L'ENERGIE  
1977 Les matières de base et le développement.
- 1976 NATIONS-UNIES  
1977 Stratégies d'industrialisation du Tiers Monde dans la perspective des accords de Lima.
- 1976 DATAR - MINISTERE DU COMMERCE ET DE L'ARTISANAT  
1977 Prospective des foires et salons expositions à l'horizon 1985.
- 1977 ATELIER 78  
Réflexion sur la politique économique d'un éventuel gouvernement de gauche.
- 1977 ECONOMIA  
L'avenir du nucléaire dans le monde à l'horizon 2000.
- 1977 COMMISSARIAT GENERAL AU PLAN  
Enquête sur la France face à l'évolution mondiale.

- 1977 REGIE AUTONOME DES TRANSPORTS PARISIENS  
Le rôle futur des transports en commun en région parisienne.
- 1977 PETROLEOS DE VENEZUELA  
1978 Prospective pétrochimique mondiale.
- 1978 BANQUE DE FRANCE  
Avenir de la banque française.
- 1978 MINISTERE DES POSTES ET TELECOMMUNICATIONS  
L'avenir des Postes en France.
- 1978 S.N.I.A.S.  
La demande de passagers long-courrier à l'horizon 1990-2000.
- 1978 MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT  
Analyse structurelle des déterminants de la demande des biens d'environnement.
- 1978 COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES  
1979 Conséquences de l'élargissement de la Communauté européenne sur les problèmes d'emplois dans les pays du Marché Commun.
- 1978 AEROPORT DE PARIS  
1979 Déterminants de la demande du transport aérien.
- 1979 CAISSE NATIONALE DU CREDIT AGRICOLE  
Consommation de produits bancaires par les ménages à l'horizon 1990.
- 1979 D.G.A.C.  
Le transport aérien mondial et son environnement à l'horizon 1990-2000, ses conséquences sur la conception des aéronefs.
- 1979 C.A.P.A.  
Analyse structurelle de l'assurance française.
- 1979 DIRECTION GENERALE DES POSTES  
Mise au point d'un modèle de simulation du trafic postal.

QUELQUES PUBLICATIONS DE SEMA-PROSPECTIVE

OUVRAGES

M. GODET "Crise de la Prévision, Essor de la Prospective : Exemples et méthodes". P.U.F., Collection Sup. l'économiste. Mars 1977. (En cours de publication aux USA).

M. GODET, O. RUYSSSEN "Les Echanges Internationaux". P.U.F., Collection Que sais-je ? Mars 1978

ARTICLES

Méthodologie

R. DURAND : "Prospective de l'hydrogène et méthode DELPHI" METRA Vol XVI n° 4 1975.

J.C. DUPERRIN et M. GODET : "Prospective des systèmes et construction de scénarios à partir d'une nouvelle méthode d'impacts croisés - SMIC 74". METRA Vol XIII n° 4 1974.  
(En anglais : FUTURES, August 1975)

O. RUYSSSEN : Une méthode d'analyse fonctionnelle des objets. Application à l'innovation industrielle (Revue METRA, vol XII, n° 3 1973).

ETUDES DE CAS

J.C. DUPERRIN, M. GODET et L. PUISEUX : "Les scénarios du développement de l'énergie nucléaire à l'horizon 2000".  
Rapport économique C.E.A. 1975.

M. GODET : "Les scénarios du Transport Aérien à l'Horizon 1990 : analyse stratégique par la méthode SMIC 1974". METRA Vol XIV n° 1 1975.  
(En anglais : Technological forecasting and social change ) 9/1 3-1976).

M. GODET, O. RUYSSSEN "Les scénarios du pétrole off-shore". Revue de l'Energie n° 287 Octobre 1976.

M. GODET "Les matières de base dans les échanges internationaux". Communication au colloque international sur les économies de matières premières. Paris 1, 2, 3 décembre 1976.

"La situation politique et économique de la France en 1978". ECONOMIA. Février 1977.

J. ARCADE, M. GODET "Critique des termes de l'échange et conséquences pour le Tiers-Monde". Revue Tiers-Monde. Juin 1977.

M. GODET, A. MAALOUF "Enquête sur l'énergie nucléaire dans le monde à l'horizon 2000". Article publié dans ECONOMIA n° 38. Novembre 1977.

C. ANCELIN "L'internationalisation des rapports commerciaux". Article publié dans les Cahiers Français - Mai-Juin 1979.



**sema**

*société de conseil, d'études et d'ingénierie*  
informatique, marketing, organisation, formation