

MICHEL COOLS

MONIQUE PETEAU

Un programme de stimulation inventive : STIM 5

Revue française d'automatique, informatique, recherche opérationnelle. Recherche opérationnelle, tome 8, n° V3 (1974), p. 5-19

http://www.numdam.org/item?id=RO_1974__8_3_5_0

© AFCET, 1974, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Revue française d'automatique, informatique, recherche opérationnelle. Recherche opérationnelle » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

UN PROGRAMME DE STIMULATION INVENTIVE : STIM 5

par Michel COOLS et Monique PETEAU (1)

Résumé. — *La créativité prend une place de jour en jour plus importante dans l'industrie comme dans l'enseignement.*

Le programme STIM 5 utilise à la fois la méthode des morphologies de Zwicky, visant à la construction d'associations nouvelles dans l'univers combinatoire des éléments, et la théorie des sous-ensembles flous permettant une classification et un traitement des informations.

Il est réalisé suivant le mode conversationnel et a pour but de faire cheminer l'utilisateur d'une pensée classique organisée à une pensée déstructurée, et donc source de création.

La méthode permet également différents types de mesures de créativité et d'évaluations de la déstructuration de l'utilisateur.

Introduction

Le développement de la créativité a suscité, depuis quelques années, un intérêt toujours croissant : de nombreuses études ont été faites tant dans l'Université que dans l'Industrie, visant à trouver des moyens originaux qui permettraient de stimuler l'apparition d'idées nouvelles.

Le Centre IMAGO de l'Université de Louvain a mis au point une série de programmes sur ordinateur, dans le cadre de la stimulation inventive des étudiants (2). C'est un de ces programmes que nous présentons ici, accompagné de ses fondements théoriques.

Nous ferons d'abord un rappel de la méthode des morphologies qui est à la base de la construction des programmes; ensuite deux paragraphes expliqueront les notions de relations floues utilisées dans le cas du programme STIM 5, pour voir ensuite la construction proprement dite de ce programme.

(1) Centre Interfacultaire IMAGO, Université Catholique de Louvain.

(2) Ce travail a été fait en collaboration avec :

Le Professeur A. Kaufmann, de l'Institut Polytechnique de Grenoble et professeur invité à l'Université Catholique de Louvain;

Le Professeur A. Jones, directeur du Centre IMAGO à l'Université Catholique de Louvain;

Thierry Dubois, Jean-Marie Zelis, Paul Saenen.

La méthode des morphologies (1)

L'imagination créatrice est une exploration combinatoire d'un assemblage d'états très riche, certains états étant connus et d'autres pas encore. La création consiste alors à former certains groupements, certaines associations qui n'avaient pas encore été réalisées.

Le rôle de l'ordinateur dans nos programmes de stimulation inventive est essentiellement de deux ordres : énumérer certaines parties de l'univers combinatoire — l'homme examinant les listes ainsi formées et les traitant — et appliquer certaines routines de classement et de gestion à partir de ces données.

Actuellement, nous utilisons la méthode des morphologies proposée par F. Zwicky (2). Pour expliquer brièvement ses caractéristiques, nous utiliserons un langage assez particulier, inspiré de celui de la théorie des ensembles.

Un « assemblage » désignera un objet de la pensée construit d'une façon spécifiée à partir d'ensembles finis. Ainsi, un stylo est un assemblage qui comprend une plume, un corps, un capuchon, un dispositif de stockage de l'encre et de l'encre. Si un assemblage possède r parties ou éléments, nous l'appellerons « r -assemblage ».

Nous appellerons « ensemble formateur » un ensemble de composants homologues susceptibles de jouer le même rôle dans la structure. L'ensemble des ensembles formateurs constituera la « morphologie ». Ainsi pourrait-on définir des ensembles homologues

$$A = \{ a_1, a_2, \dots, a_\alpha \}$$

$$B = \{ b_1, b_2, \dots, b_\beta \}$$

.....

$$R = \{ r_1, r_2, \dots, r_\rho \}$$

la morphologie étant alors l'ensemble $\{ A, B, \dots, R \}$.

Le premier stade de l'intervention de l'ordinateur sera alors de fournir un r -assemblage par tirage aléatoire à partir de chacun des ensembles formateurs. Ces r -assemblages — très simples évidemment — seront des stimulants efficaces de la pensée humaine.

Relation floue. Ressemblance. Similitude (3)

Rappelons tout d'abord ce que l'on entend par relation. Nous considérerons uniquement le cas des relations binaires. Soit un ensemble E , et deux éléments x

(1) Pour plus de détails, nous renvoyons à la référence 1.

(2) Voir les références 6, 7, 8, 9.

(3) Voir réf. 2.

et y de cet ensemble. Une relation binaire Γ est alors un ensemble de couples (x, y) appartenant à l'ensemble produit $E \times E$. Les couples (x, y) appartenant à la relation se verront attribuer une fonction d'appartenance égale à 1, tous les autres recevant la valeur 0.

Cette notion peut être facilement étendue dans le cadre de la théorie des sous-ensembles flous.

Soit toujours un ensemble E , deux éléments x et y de E , et $\mu(x, y)$ la fonction d'appartenance du couple (x, y) prenant ses valeurs dans l'ensemble M . Une relation binaire floue est alors un ensemble de couples (x, y) tels que : $\forall (x, y) \in E \times E : \mu(x, y) \in M$. Ainsi, si $E = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ et $M = [0, 1]$, le tableau de la figure 1 est une relation binaire floue.

R	x_1	x_2	x_3	x_4
x_1	1	0,5	0	1
x_2	0,5	1	0,3	0,7
x_3	0	0,3	1	0,9
x_4	1	0,7	0,9	1

Figure 1

Examinons certaines propriétés intéressantes pour la suite (1) :

Réflexivité : $\forall (x, x) \in E \times E : \mu(x, x) = 1$

Symétrie : $\forall (x, y) \in E \times E : \mu(x, y) = \mu(y, x)$

Transitivité : $\forall (x, y), (y, z), (x, z) \in E \times E :$

$$\mu(x, z) \geq \text{MAX}_y [\text{MIN} (\mu(x, y), \mu(y, z))]$$

Ainsi, la relation de la figure 1 est réflexive et symétrique, mais n'est pas transitive.

Pour bien faire comprendre ces 3 notions, nous allons les illustrer sur des cas très simples empruntés à la théorie des graphes :

(1) Signalons immédiatement que toutes ces propriétés sont des généralisations des propriétés correspondantes des relations formelles.

Réflexivité : Pour chaque élément de l'ensemble, le graphe comprend une boucle dont la fonction d'appartenance est 1.

La relation de la figure 1 est réflexive (1 dans la diagonale principale).



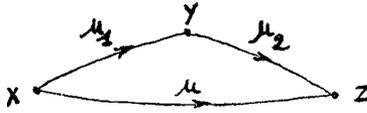
Symétrie : Si x est en relation avec y à un niveau μ , y doit être en relation avec x au même niveau μ .



Figure 2

La relation de la figure 1 est symétrique (symétrie par rapport à la diagonale principale).

Transitivité : Si x et y sont en relation au niveau μ_1 , et y et z au niveau μ_2 , x et z doivent être en relation à un niveau μ au moins égal au minimum de μ_1 et μ_2 .



$$\mu \geq \text{MIN}(\mu_1, \mu_2)$$

Figure 3

S'il y a plusieurs chemins allant de x à z , il faut alors prendre le maximum sur tous ces chemins.

Voici un exemple de relation transitive :

	A	B	C	D
A	0,2	1	0,4	0,4
B	0	0,6	0,3	0
C	0	1	0,3	0
D	0,1	1	1	0,1

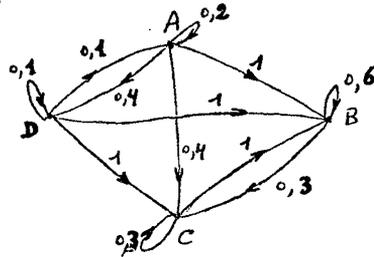


Figure 4

Pour en faire la vérification complète, il y a 16 fois 4 opérations à faire. Nous en montrons ci-dessous quelques-unes (nous employons \vee pour MAX et \wedge pour MIN).

$$\begin{aligned} \text{Arc } (A, D) : \mu(A, A) \wedge \mu(A, D) &= 0,2 \wedge 0,4 = 0,2 \\ \mu(A, B) \wedge \mu(B, D) &= 1 \wedge 0 = 0 \\ \mu(A, C) \wedge \mu(C, D) &= 0,4 \wedge 0 = 0 \\ \mu(A, D) \wedge \mu(D, D) &= 0,4 \wedge 0,1 = 0,1 \\ 0,2 \vee 0 \vee 0 \vee 0,1 &= 0,2 \\ \mu(A, D) &= 0,4 \geq 0,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Arc } (C, B) : \mu(C, A) \wedge \mu(A, B) &= 0 \wedge 1 = 0 \\
 \mu(C, B) \wedge \mu(B, B) &= 1 \wedge 0,6 = 0,6 \\
 \mu(C, C) \wedge \mu(C, B) &= 0,3 \wedge 1 = 0,3 \\
 \mu(C, D) \wedge \mu(D, B) &= 0 \wedge 1 = 0 \\
 0 \vee 0,6 \vee 0,3 \vee 0 &= 0,6 \\
 \mu(C, B) &= 1 \geq 0,6
 \end{aligned}$$

Une relation binaire floue qui est réflexive et symétrique est appelée relation de ressemblance.

Une relation binaire floue qui est à la fois réflexive, symétrique et transitive est appelée relation de similitude.

Décomposition en sous-relations maximales de similitude

Soit une relation binaire floue R de $E \times E$ qui est réflexive et symétrique, mais non forcément transitive.

S'il existe un sous-ensemble vulgaire $E_1 \subset E$ tel que tous les éléments de E_1 vérifient la propriété de transitivité, nous dirons que les éléments de E_1 forment entre eux une relation de similitude que nous appellerons « sous-relation de similitude ».

Nous dirons qu'une sous-relation de similitude est maximale si elle n'est sous-relation de similitude d'aucune autre de même nature dans la relation considérée.

Ainsi, lorsque l'on dispose d'une relation de ressemblance, c'est-à-dire réflexive et symétrique, faire la décomposition en sous-relations maximales de similitude revient à rechercher — en termes de la théorie des graphes — les sous-graphes pleins maximaux pour lesquels la transitivité est vérifiée.

Des algorithmes existent, permettant de procéder à cette décomposition.

A cet effet, nous utiliserons l'algorithme proposé par M. E. Pichat, développé dans l'annexe 1.

Application à la stimulation inventive

La relation qui nous intéresse entre les divers éléments du r -assemblage obtenu par tirage est le degré de cohérence existant entre ces éléments.

Pour ce faire, nous définissons une relation, appelée relation de cohérence, sur l'ensemble des éléments du r -assemblage, et dont la fonction d'appartenance rend compte de la possibilité de réaliser une association concrète ou abstraite à partir des couples de la relation. Le degré de cohérence de 2 éléments est alors la valeur, parfaitement subjective, de la fonction d'appartenance.

Cette relation de cohérence est réflexive (chaque élément étant parfaitement cohérent avec lui-même) et symétrique (on peut toujours considérer la relation dans l'un ou l'autre sens). Elle constitue donc une relation de ressemblance.

Par contre, rien ne permet de supposer que cette relation soit transitive. Nous allons donc nous efforcer de dégager les sous-relations maximales de similitude existant entre les constituants du r -assemblage. Ceci nous permet de dégager, parmi l'ensemble des combinaisons possibles, les sous-ensembles dont les éléments sont tous entre eux au même niveau de cohérence.

De façon concrète, on choisit un degré de cohérence pour chaque paire d'éléments du r -assemblage, dans une échelle ordinale, ce qui nous donne une relation de ressemblance. Partant alors du niveau le plus élevé obtenu, on effectue une série de décompositions en sous-relations maximales de similitude. On obtient ainsi une agrégation correspondant aux différents degrés de cohérence.

Voyons un exemple. Soit la relation de cohérence définie par le tableau de la figure 5.

	a	b	c	d	e	f
a	1	1	0,75	0,25	0,75	0
b	1	1	0,75	0,75	0,50	0
c	0,75	0,75	1	0,25	0,75	0
d	0,25	0,75	0,25	1	0,50	1
e	0,75	0,50	0,75	0,50	1	0,50
f	0	0	0	1	0,50	1

Figure 5

Pour effectuer la décomposition au niveau ν , nous posons

$$\mu(x_i) = 1 \quad \text{si} \quad \mu(x_i) \geq \nu$$

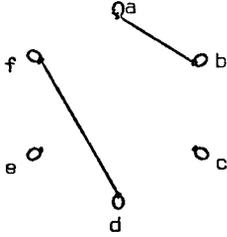
$$\mu(x_i) = 0 \quad \text{si} \quad \mu(x_i) < \nu$$

et nous appliquons l'algorithme de Pichat.

On obtient ainsi :

	a	b	c	d	e	f
a	1	1	0	0	0	0
b	1	1	0	0	0	0
c	0	0	1	0	0	0
d	0	0	0	1	0	1
e	0	0	0	0	1	0
f	0	0	0	1	0	1

Niveau 1



$\{a, b\}, \{c\}, \{d, f\}, \{e\}$

	a	b	c	d	e	f
a	1	1	1	0	1	0
b	1	1	1	1	0	0
c	1	1	1	0	1	0
d	0	1	0	1	0	1
e	1	0	1	0	1	0
f	0	0	0	1	0	1

Niveau 0,75

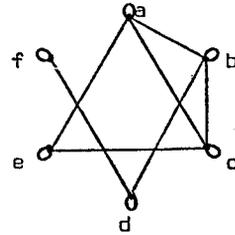
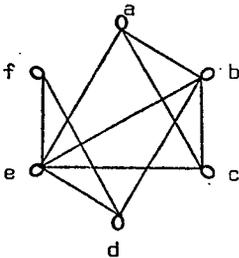


Figure 6

$\{a, b, c\}, \{a, c, e\}, \{b, d\}, \{d, f\}$

	a	b	c	d	e	f
a	1	1	1	0	1	0
b	1	1	1	1	1	0
c	1	1	1	0	1	0
d	0	1	0	1	1	1
e	1	1	1	1	1	1
f	0	0	0	1	1	1

Niveau 0,50



$\{a, b, c, e\}, \{b, d, e\}, \{d, e, f\},$

	a	b	c	d	e	f
a	1	1	1	1	1	0
b	1	1	1	1	1	0
c	1	1	1	1	1	0
d	1	1	1	1	1	1
e	1	1	1	1	1	1
f	0	0	0	1	1	1

Niveau 0,25

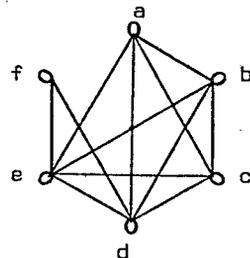


Figure 7

$\{a, b, c, d, e\}, \{d, e, f\}$

niveau 0 : { a, b, c, d, e, f }

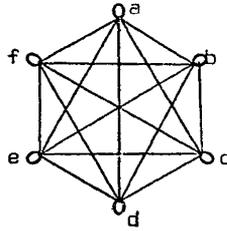


Figure 8

La figure 9 ci-après montre comment se forment les sous-relations maximales de similitude (et donc l'agrégation des éléments de départ).

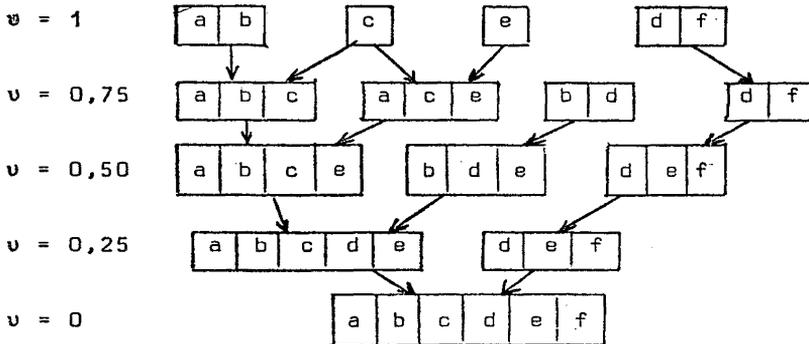


Figure 9

Le but de cette méthode est donc d'agréger les éléments d'un r -assemblage obtenu par tirage au moyen des sous-relations maximales de similitude à partir d'un niveau de cohérence parfaite jusqu'à un niveau de cohérence faible — voire même nulle —, et, à partir de ce travail, d'encourager la formulation d'applications existantes ou nouvelles. En partant d'un système fortement structuré, on aboutit ainsi pas à pas à un niveau de désordre ou d'incohérence relative, démarche essentielle de la découverte.

Mesure de créativité

Cette méthode présente l'avantage de se prêter à différentes mesures de créativité, permettant d'évaluer la performance inventive de l'individu.

Reprenons l'exemple donné ci-dessus, et considérons la « machine » *abcde*, considérée au niveau de cohérence $v = 0,25$. Si l'utilisateur, au cours du

programme, est capable d'associer un concept ou une utilisation au sous-ensemble $\{a, b, c, d, e\}$, il est possible d'évaluer l'importance de la combinaison déstructuration-restructuration produite, pour cette machine, au départ de la structure $v = 1$ (1).

Pour cet exemple, nous dirons que la déstructuration a été de 75 %.

Une autre mesure peut prendre en compte la qualité globale de l'exercice de créativité. Supposons, toujours dans l'exemple proposé, que nous ayons atteint les niveaux présentés ci-dessous.

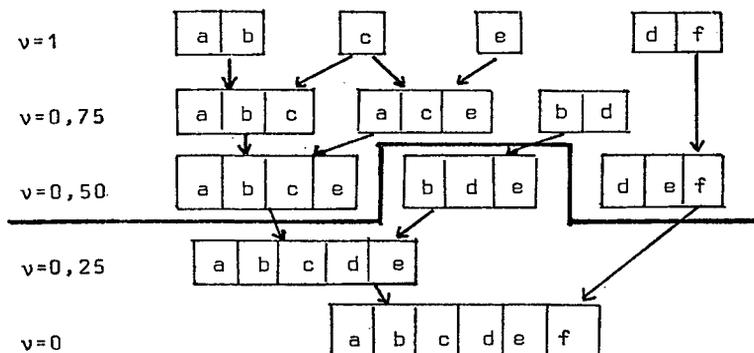


Figure 10

(Pour chaque classe située au-dessus de la ligne, l'utilisateur a pu associer un concept ou une application.)

Quelques conclusions s'imposent :

- toutes les classes du niveau de cohérence 0,75 sont utilisées, soit 100 %;
- deux classes sur trois au niveau 0,50 sont utilisées, soit 66 %;
- toutes les classes de niveau inférieur à 0,50 n'apportent aucun résultat.

On peut donc dire que la cohérence moyenne de l'exercice est de $0,58 = \left(0,50 + \frac{0,75 - 0,50}{3}\right)$, soit une déstructuration globale de 42 %.

D'autres mesures peuvent encore être envisagées, tenant compte par exemple du nombre d'éléments différents intervenant dans les différentes réalisations. Nous laissons au lecteur le soin d'imaginer ces nouvelles techniques.

(1) Nous utiliserons par la suite le seul terme déstructuration.

ANNEXE 1

Algorithme de Pichat ⁽¹⁾ ⁽²⁾

Intéressons-nous au cas de matrices carrées symétriques, correspondant à notre recherche.

On considère la demi-matrice au-dessus de la diagonale principale. Ligne après ligne, considérer les zéros. Pour chaque zéro, en prenant les éléments comme des variables booléennes, associer par le signe somme booléenne ($\dot{+}$), l'élément indice de la ligne et les éléments correspondants des colonnes où se trouvent les zéros, lesquels seront réunis en produits booléens (\cdot).

Si aucun zéro ne se trouve dans la ligne, on considérera que la somme est égale à 1.

Faire le produit des résultats et exprimer la fonction obtenue en termes minimaux, en utilisant les propriétés des expressions booléennes $x \dot{+} x = x$; $x \cdot x = x$; $x \dot{+} xy = x$.

Prendre alors les compléments de chaque terme; on obtient ainsi les sous-relations maximales.

Voyons un exemple :

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
<i>a</i>	1	1	1	0	1	1
<i>b</i>		0	1	0	1	
<i>c</i>			1	0	0	
<i>d</i>				0	1	
<i>e</i>					1	
<i>f</i>						1

Ligne *a* : on forme $a \dot{+} e$

b : $b \dot{+} ce$

c : $c \dot{+} ef$

d : $d \dot{+} e$

e : 1

f : 1

(1) Cet algorithme a été proposé par M. E. Pichat, professeur à l'Institut d'Informatique d'Entreprise. Voir réf. 4-5.

(2) Cette annexe est située dans la référence 2.

$$\begin{aligned}
\text{Il vient } S &= (a \dot{+} e) \cdot (b \dot{+} ce) \cdot (c \dot{+} ef) \cdot (d \dot{+} e) \cdot 1 \cdot 1 \\
&= (a \dot{+} e) \cdot (b \dot{+} ce) \cdot (c \dot{+} ef) \cdot (d \dot{+} e) \\
&= (ab \dot{+} ace \dot{+} be \dot{+} ce) \cdot (c \dot{+} ef) \cdot (d \dot{+} e) \\
&= (ab \dot{+} be \dot{+} ce) \cdot (c \dot{+} ef) \cdot (d \dot{+} e) \\
&= (abc \dot{+} abef \dot{+} bce \dot{+} bef \dot{+} ce \dot{+} cef) \cdot (d \dot{+} e) \\
&= (abc \dot{+} bef \dot{+} ce) \cdot (d \dot{+} e) \\
&= abcd \dot{+} abce \dot{+} bdef \dot{+} bef \dot{+} cde \dot{+} ce \\
&= abcd \dot{+} bef \dot{+} ce
\end{aligned}$$

Calculons S' où les termes respectifs sont complémentaires de ceux de S .

$$\text{Il vient : } S' = ef \dot{+} acd \dot{+} abdf.$$

Ce qui donne les trois sous-ensembles :

$$\{e, f\} \quad , \quad \{a, c, d\} \quad , \quad \{a, b, d, f\}$$

ANNEXE 2

Voici un exemple de morphologie et l'application correspondante dans le programme de stimulation inventive (STIM 5).

Morphologie.

Milieu : vide, liquide, gaz, solide, air, quelconque.

Résistance : Frottement, choc, absorption, sans, rappel, réaction, inertie.

Énergie : potentielle, cinétique, élastique, chimique, calorifique, électrique, nulle.

Mouvement : linéaire, ondulatoire, uniformément accéléré, périodique, uniformément décéléré, vitesse constante, uniforme, circulaire, sans.

Forme : cube, sphère, cylindre, cône, prisme, pyramide, parallépipède, non définie.

Force : pesanteur, pression, traction, compression, externe, quelconque, nulle.

Trajectoire : rectiligne, circulaire, spirale, sinusoïdale, quelconque, hélicoïdale.

ANNEXE 3

Voici à titre d'illustration une application simple effectuée par un étudiant de première année universitaire, portant sur des concepts de mécanique.

?RUN STIM 5

QUEL FICHIER MORFO UTILISEZ-VOUS ? ! CINE

VOICI LE R-ASSEMBLAGE

- 1 MILIEU : SOLIDE
- 2 RESISTANCE : REACTION
- 3 ENERGIE : POTENTIELLE
- 4 MOUVEMENT : UNI.ACCELERE
- 5 FORME : PYRAMIDE
- 6 FORCE : PRESSION
- 7 TRAJECTOIRE : RECTILIGNE

POUR CHAQUE PAIRE D'ELEMENTS, DONNEZ LE DEGRE DE COHERENCE
A PARTIR DE L'ECHELLE SUIVANTE :

- A PARFAITEMENT COHERENT
- B ASSEZ COHERENT
- C PEU COHERENT
- D ASSEZ INCOHERENT
- E ABSOLUMENT INCOHERENT

VOICI LA PRESENTATION DES PAIRES

1 2	SOLIDE	REACTION	! A
1 3	SOLIDE	POTENTIELLE	! A
1 4	SOLIDE	UNIF.ACCELERE	! A
1 5	SOLIDE	PYRAMIDE	! A
1 6	SOLIDE	PRESSION	! B
1 7	SOLIDE	RECTILIGNE	! A
2 3	REACTION	POTENTIELLE	! E
2 4	REACTION	UNIF.ACCELERE	! E
2 5	REACTION	PYRAMIDE	! D
2 6	REACTION	PRESSION	! E
2 7	REACTION	RECTILIGNE	! E
3 4	POTENTIELLE	UNIF.ACCELERE	! E
3 5	POTENTIELLE	PYRAMIDE	! A
3 6	POTENTIELLE	PRESSION	! E
3 7	POTENTIELLE	RECTILIGNE	! A
4 5	UNIF.ACCELERE	PYRAMIDE	! A
4 6	UNIF.ACCELERE	PRESSION	! E
4 7	UNIF.ACCELERE	RECTILIGNE	! A
5 6	PYRAMIDE	PRESSION	! A
5 7	PYRAMIDE	RECTILIGNE	! B
6 7	PRESSION	RECTILIGNE	! E

VOICI LES CLASSES D'ELEMENTS AYANT UN DEGRE DE COHERENCE DE 1.00

- 1 2
- 1 3 7
- 1 4 7
- 1 3 5
- 1 4 5
- 5 6

VOICI LA CLASSE 1

- 1 MILIEU : SOLIDE
- 2 RESISTANCE : REACTION

POUVEZ-VOUS ASSOCIER UN CONCEPT A CETTE CLASSE ?! OUI
DECRIVEZ-LE...! RESISTANCE DES MATERIAUX

VOICI LA CLASSE 2

1 MILIEU : SOLIDE
3 ENERGIE : POTENTIELLE
7 TRAJECTOIRE : RECTILIGNE

POUVEZ-VOUS ASSOCIER UN CONCEPT A CETTE CLASSE ?! OUI
DECRIVEZ-LE...! ENERGIE POTENTIELLE DE TOUT CE QUI +
! TOMBE SUIVANT UNE TRAJECTOIRE RECTILIGNE.

VOICI LA CLASSE 3

1 MILIEU : SOLIDE
4 MOUVEMENT : UNIF.ACCELERER
7 TRAJECTOIRE : RECTILIGNE

POUVEZ-VOUS ASSOCIER UN CONCEPT A CETTE CLASSE ?! OUI
DECRIVEZ-LE...! MOUVEMENT D'UNE VOITURE.

VOICI LA CLASSE 4

1 MILIEU : SOLIDE
3 ENERGIE : POTENTIELLE
5 FORME : PYRAMIDE

POUVEZ-VOUS ASSOCIER UN CONCEPT A CETTE CLASSE ?! OUI
DECRIVEZ-LE...! CHUTE D'UN OBJET DE FORME PYRAMIDALE.

VOICI LA CLASSE 5

1 MILIEU : SOLIDE
4 MOUVEMENT : UNIF.ACCELERER
5 FORME : PYRAMIDE

POUVEZ-VOUS ASSOCIER UN CONCEPT A CETTE CLASSE ?! OUI
DECRIVEZ-LE...! CHUTE OBJET PYRAMIDAL.

VOICI LA CLASSE 6

5 FORME : PYRAMIDE
6 FORCE : PRESSION

POUVEZ-VOUS ASSOCIER UN CONCEPT A CETTE CLASSE ?! OUI
DECRIVEZ-LE...! PRESSION SUR SOL D'UNE PYRAMIDE

VOULEZ-VOUS ESSAYER UN DEGRE DE COHERENCE PLUS FAIBLE ?! OUI

VOICI LES CLASSES D'ELEMENTS AYANT UN DEGRE DE COHERENCE DE 0.75

1 2
1 3 5 7
1 4 5 7
1 5 6

VOICI LA CLASSE 2

1 MILIEU : SOLIDE
3 ENERGIE : POTENTIELLE
5 FORME : PYRAMIDE
7 TRAJECTOIRE : RECTILIGNE

POUVEZ-VOUS ASSOCIER UN CONCEPT A CETTE CLASSE ?! OUI
 DECRIVEZ-LE...! CHUTE RECTILIGNE OBJET PYRAMIDAL

VOICI LA CLASSE 3

1 MILIEU : SOLIDE
 4 MOUVEMENT : UNIF.ACCELERE
 5 FORME : PYRAMIDE
 7 TRAJECTOIRE : RECTILIGNE

POUVEZ-VOUS ASSOCIER UN CONCEPT A CETTE CLASSE ?! OUI
 DECRIVEZ-LE...! CHUTE OBJET PYRAMIDAL

VOICI LA CLASSE 4

1 MILIEU : SOLIDE
 5 FORME : PYRAMIDE
 6 FORCE : PRESSION

POUVEZ-VOUS ASSOCIER UN CONCEPT A CETTE CLASSE ?! OUI
 DECRIVEZ-LE...! PRESSION PYRAMIDE SUR SOL.

VOULEZ-VOUS ESSAYER UN DEGRE DE COHERENCE PLUS FAIBLE ?! OUI

VOICI LES CLASSES D'ELEMENTS AYANT UN DEGRE DE COHERENCE DE 0.25

1 2 5
 1 3 5 7
 1 4 5 7
 1 5 6

VOICI LA CLASSE 1

1 MILIEU : SOLIDE
 2 RESISTANCE : REACTION
 5 FORME : PYRAMIDE

POUVEZ-VOUS ASSOCIER UN CONCEPT A CETTE CLASSE ?! OUI
 DECRIVEZ-LE...! OBJET PYRAMIDAL QUE L'ON TIRE.

VOULEZ-VOUS ESSAYER UN DEGRE DE COHERENCE PLUS FAIBLE ?! OUI

VOICI LES CLASSES D'ELEMENTS AYANT UN DEGRE DE COHERENCE DE 0.00

1 2 3 4 5 6 7

VOICI LA CLASSE 1

1 MILIEU : SOLIDE
 2 RESISTANCE : REACTION
 3 ENERGIE : POTENTIELLE
 4 MOUVEMENT : UNIF.ACCELERE
 5 FORME : PYRAMIDE
 6 FORCE : PRESSION
 7 TRAJECTOIRE : RECTILIGNE

POUVEZ-VOUS ASSOCIER UN CONCEPT A CETTE CLASSE ?! OUI
 DECRIVEZ-LE...! OBJET PYRAMIDAL, ATTACHE A UN AVION QUI +
 ! VOLE AVEC UN MOUVEMENT UNIFORMEMENT ACCELERE. +
 ! SUIVANT UNE TRAJECTOIRE RECTILIGNE.

RÉFÉRENCES

- [1] KAUFMANN A., FUSTIER M. et DREVET A., *L'inventique*, Entreprise Moderne d'Édition, Paris, 1970.
- [2] KAUFMANN A., *Introduction à la théorie des sous-ensembles flous*, 1^o Éléments théoriques de base. Masson et Cie, Paris, 1973.
- [3] KAUFMANN A., *L'imagination Artificielle (heuristique automatique)*, Revue Française d'Informatique et de Recherche opérationnelle, série verte, n^o 3, 1969.
- [4] PICHAT E., *Contribution à l'algorithme non numérique dans les ensembles ordonnés*. Thèse Doctorat ès Sciences, Faculté des Sciences de Grenoble, 1970.
- [5] PICHAT E., *Algorithm for Finding the Maximal Elements of a Finite Universal Algebra*, Information Processing 68, North Holland, Amsterdam, 1969.
- [6] ZWICKY F., *Morphological Astronomy*, Ed. Springer-Verlag, Berlin, 1957.
- [7] ZWICKY F., *Morphology of Propulsive Power*, Society for Morphological Research, Pasadena, Cal., 1962.
- [8] ZWICKY F. et WILSON A. G., *New Methods of Thought and Procedure*, Ed. Springer-Verlag, Berlin, 1967.
- [9] ZWICKY F., *Discovery, Invention, Research through Morphological Approach*, Ed. Mac Milland, 1969.
- [10] KAUFMANN A., COOLS M. et DUBOIS Th., *Stimulation inventive en dialogue homme-machine utilisant la méthode des morphologies*. Communication au Symposium de Glarus, 25-27 octobre 1973. IDP-6, Centre IMAGO, Université Catholique de Louvain, octobre 1973.