

TRIZ : UNE NOUVELLE THEORIE D'AIDE A L'INNOVATION INDUSTRIELLE

Denis CAVALLUCCI* et Philippe LUTZ**

Résumé. - L'équilibre industriel est une réalité. Après trois décennies à la poursuite des 5 zéros, notre industrie occidentale se retrouve maintenant dans une logique d'équivalence du point de vue compétitivité, capacité de production et maîtrise de la qualité. Mais la mutation de notre société pousse les entreprises vers l'innovation et le "time to market": la "Fast-Innovation". La présence d'une méthode Russe appelée TRIZ (acronyme Russe de Théorie de la Résolution des Problèmes d'Innovation) va-t-elle bouleverser ce si fragile équilibre ? L'objectif du présent article est, outre de présenter la méthode, de donner au lecteur une vue d'ensemble sur l'incroyable mutation de l'aptitude à la créativité que génère TRIZ dans certains pays. Pays dont la France semble, jusqu'ici, étonnement absente...

Mots clés : TRIZ, TIPS, Méthode, Innovation, Résolution de problèmes, Développement de produits, Evolution des systèmes.

1. Introduction

Depuis peu, on ne parle que de "Mondialisation". Sur ce sujet que n'a-t-on donc tant écrit ! Les industriels, les économistes, les systémistes, les visionnaires, les historiens, tous reconnaissent unanimement que la société dans laquelle nous vivons est en constante mutation. Trois grands axes d'évolution se distinguent : l'ère de la productivité à outrance (1940), l'ère de la qualité (1970), l'ère de la complexification des systèmes (1985). Cette dernière semble en effet faire aujourd'hui l'unanimité. On s'accorde également à reconnaître que l'accélération vertigineuse de la création de nouveaux produits apparaît être un critère de survie pour de nombreuses entreprises. Le terme d'"équilibre" prend dès lors tout son sens si on considère qu'un soupçon d'aptitude à l'innovation peut procurer à une entreprise un avantage significatif sur la concurrence et faire pencher la balance en sa faveur. Cette situation impose que dans l'innovation et la réduction du "Time to Market", la quasi-totalité

* Professeur au département de génie mécanique de l'ENSAIS à Strasbourg.

** Maître de conférence au département de génie mécanique de l'ENSAIS à Strasbourg.

de nos entreprises a tracé la voie à suivre, l'objectif à atteindre. Qu'advient-il de ce si fragile équilibre si telle ou telle entreprise voyait sa capacité à innover multipliée par dix ?

Jusqu'au début des années 90, les entreprises se sont lancées à corps perdu dans l'ère du "produire plus, à moindre coût, et de qualité supérieure". Dans cette course effrénée, seuls les produits répondant à ces critères assuraient aux entreprises le succès. Mais la complexification des systèmes aidant, il faut désormais faire face à d'autres critères : la compétition "technico-sociale" (Sushkov, 1997) mettant en œuvre notamment l'aspect innovation dans le produit au même titre que l'aptitude à être le premier sur le marché. En effet, l'évolution de notre société moderne présente une tendance à développer de nouveaux produits destinés à rendre la vie du consommateur potentiel plus confortable, pratique ou tout simplement meilleure. De plus, si l'on veut provoquer la volonté d'achat du consommateur, *a fortiori* acheter un produit identique mais d'une autre génération, il est d'une absolue nécessité qu'il soit bon marché et qu'il présente ce "plus" incitateur d'achat. Lancés à corps perdu dans la "Fast-Innovation", on entrevoit l'importance ici pour une entreprise de posséder un outil d'aide à la résolution de problèmes. Actuellement et à divers stades de la conception de produits, de nombreux outils et méthodes (figure 1) présentent de multiples attraits. Parfois complémentaires, souvent trop peu exploités, ils trônent pour être les plus à même d'aider l'entreprise dans sa recherche perpétuelle d'innovation. Mais la clé de l'innovation, elle, réside dans l'idée, dans l'éclair de génie porteur d'une solution idéale au problème posé et soyons clair, aucun de ces outils ne va jusqu'à proposer une solution à ce problème.

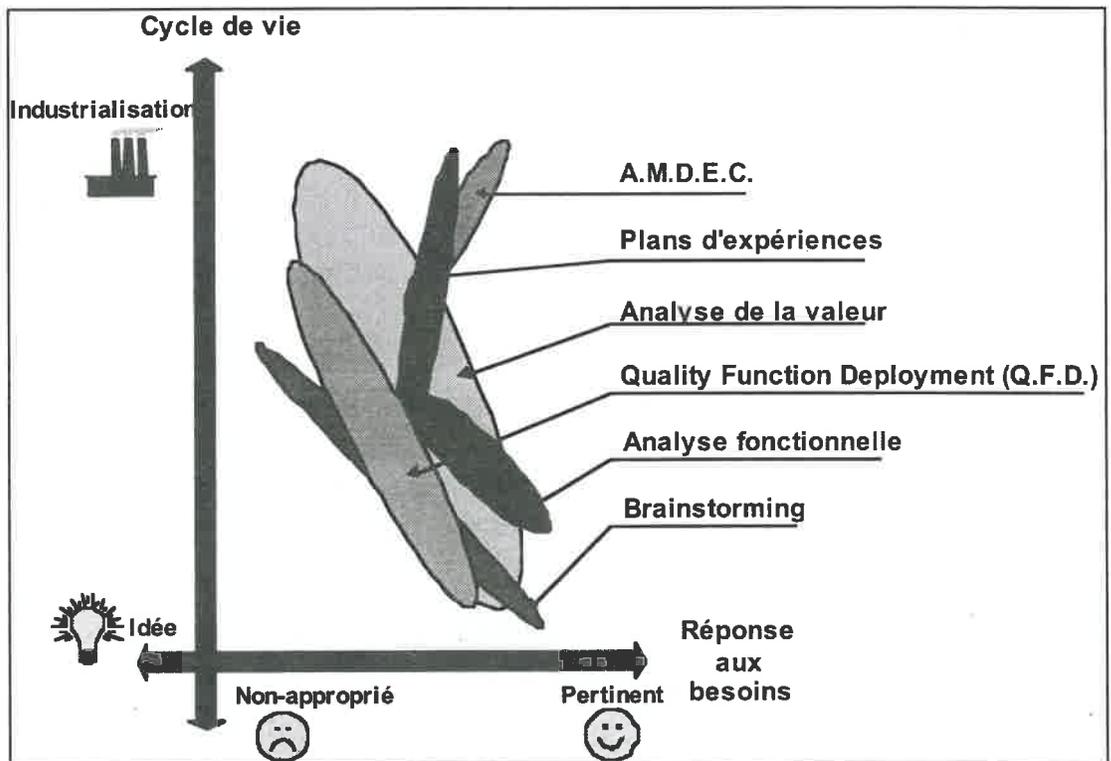


Fig. 1 : Pertinence des outils face aux phases d'industrialisation

Les innovations peuvent se résumer en 5 catégories (Mazur, 1996), de la solution apparente jusqu'à la "vraie" innovation. Pour compléter ces informations d'autres indications sont présentées dans le tableau 1, avec notamment dans la colonne 3 la part des solutions relatives au degré d'innovation. La colonne 5 indique que si le niveau d'innovation augmente, le nombre de solutions à envisager croît de manière exponentielle.

Degrés d'inventivité				
Niveau	Degré d'inventivité	% de solutions	Origine des connaissances	Nombre approximatif de solutions à envisager
1	Solution apparente	32%	Connaissance d'un individu	10
2	Amélioration mineure	45%	Connaissance de l'entreprise	100
3	Amélioration majeure	18%	Connaissance de l'industrie	1000
4	Nouveau concept	4%	Connaissance toutes industries confondues	100000
5	Découverte	1%	Ensemble des savoirs	1000000

Tableau 1 : Degrés d'inventivité selon Altshuller

On s'aperçoit alors rapidement que l'état actuel du dépôt de brevets consiste en grande partie à ajouter une fonctionnalité présentant un intérêt commercial certain, mais faisant souvent l'objet de progrès somme toute mineurs, sans le réel bond technologique qui caractérise l'innovation (ALTSULLER, 1988). La représentation ABC Figure 2, résultant du tableau 1, donne quelques indications supplémentaires.

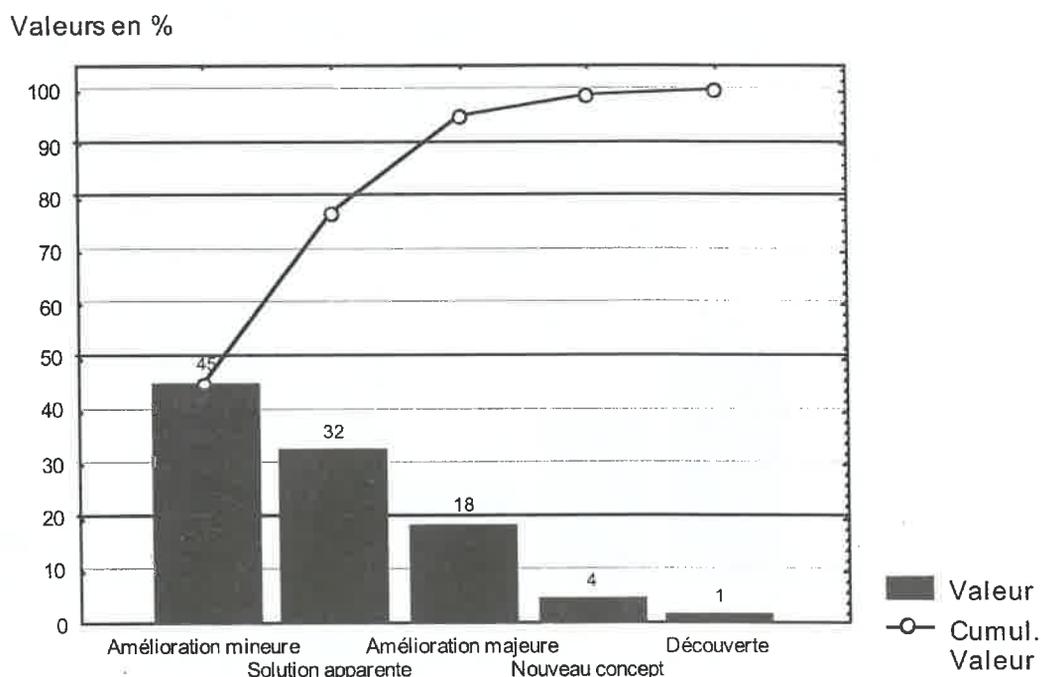


Fig. 2: Représentation ABC du niveau d'inventivité des brevets

Le classement ABC indique que les seules catégories "amélioration mineure" et "solution apparente" représentent 77% des progrès technologiques et font appel à des compétences limitées à l'entreprise, qui pour innover de façon radicale (aller d'une innovation majeure à une découverte), doit sortir du cadre de ses connaissances propres. Le benchmarking apporte une partie de ces réponses puisque dans ses fondements, il va jusqu'à faire appel aux technologies d'une même industrie, permettant ainsi à l'entreprise d'aller au delà de ses compétences propres pour innover. Mais qu'en est-il des deux dernières catégories, "nouveau concept" et "découverte" ? Jusqu'ici, elles sont l'apanage des laboratoires de recherche et développement, qui pour parvenir à un tel niveau utilisent la recherche systématique, la veille technologique ou attendent patiemment l'éclair de génie qui illuminera de toute sa splendeur la solution tant attendue. Mais en terme de marketing, cela se solde par des mois, voire des années d'attente suicidaire pour la prise de marchés lors du lancement d'un nouveau produit. Une solution à cet état de fait se devait d'être trouvée, cette solution est aujourd'hui devenue réalité avec ce sigle de quatre lettres qui passent du Russe Teorija Rezhenija Izobretatel'stich Zadach" (TRIZ) à l'acronyme anglais "Theory of Inventive Problem Solving" (TIPS) puis au français "Théorie de la Résolution des Problèmes d'Innovation" (TRPI). Il ne s'agit pas là de l'arrivée d'un énième outil de l'innovation sur le marché, mais plutôt d'un concept né il y a de nombreuses années (1946) en Russie, où un jour, un brillant inventeur (le soviétique Genrich Altshuller) décida de faire de la créativité, une science exacte... (Altshuller, 1988).

Plaçons maintenant TRIZ sur la courbe ABC du niveau d'inventivité (Figure 3).

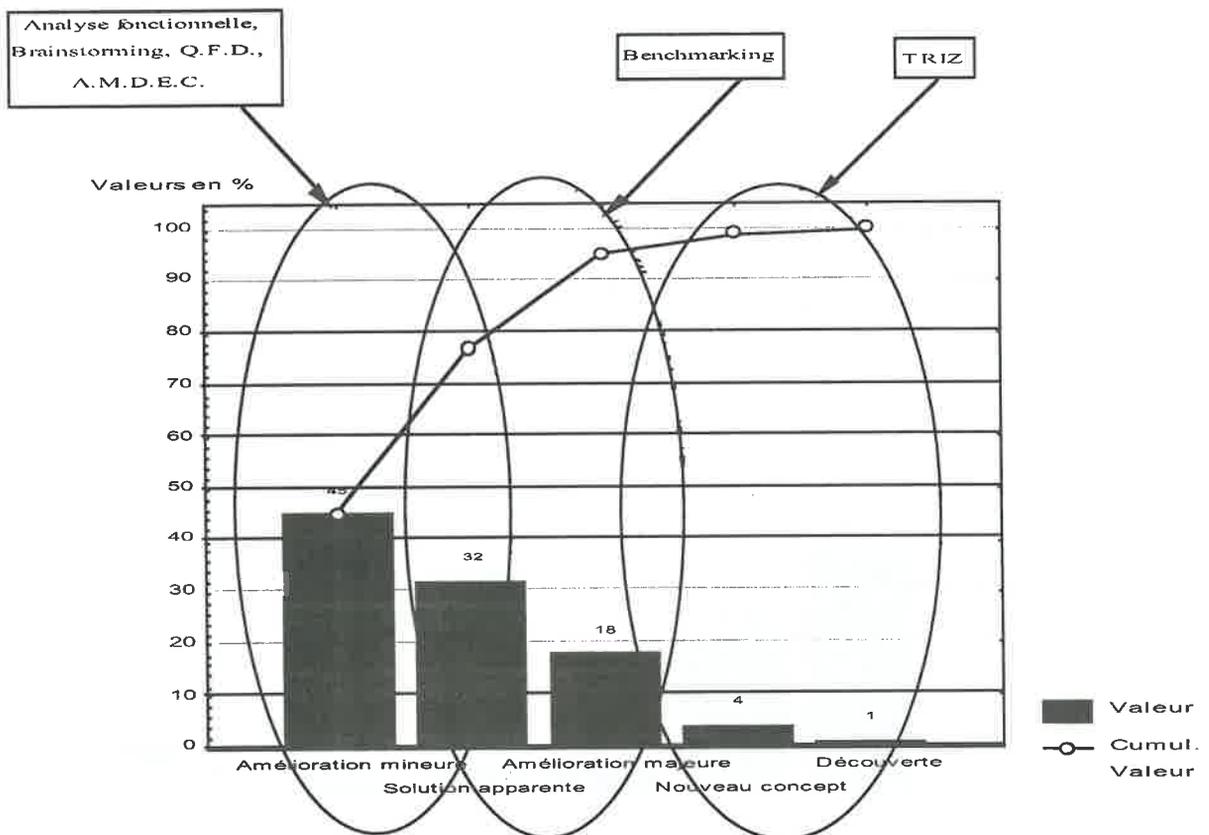


Fig. 3: place des outils et méthodes dans les degrés d'innovation

On entrevoit ici que TRIZ n'est pas amenée à remplacer des outils actuels mais se place plutôt en complément de ceux-ci par son aptitude à générer des idées porteuses de solutions.

2. PRESENTATION DE LA METHODE

2.1 Les bases de TRIZ

Dans son unité de recherche, Altshuller a étudié de façon systématique tous les dépôts de brevets internationaux représentant les avancées fondamentales dans l'évolution de la technologie. Après de nombreuses années, 400.000 brevets étaient ainsi passés en revue. Puis arrivaient au fur et à mesure de ses analyses, les premières conclusions sur la théorie de l'innovation à savoir : seulement 40.000 brevets (soit 1/10^{ème}) représentent des évolutions majeures. Parmi ces 40.000 innovations, 40 principes (méthodologies) furent employés par les inventeurs pour parvenir à leurs objectifs. Ces 40 principes ont été identifiés et nommés de la façon suivante (Domb, Tate, 1996) (Altshuller, 1988):

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. La segmentation | 21. L'aléatoire |
| 2. L'extraction | 22. La transformation d'un plus en moins |
| 3. La qualité locale | 23. L'asservissement |
| 4. l'asymétrie | 24. L'insertion |
| 5. La combinaison | 25. Le self service |
| 6. L'universalité | 26. La copie |
| 7. Le placement interne | 27. L'éphémère et l'économique |
| 8. Le contrepoids | 28. La reconception |
| 9. L'action inverse antérieure | 29. Le système hydraulique |
| 10. L'action préliminaire | 30. La membrane flexible |
| 11. La compensation | 31. La porosité du matériau |
| 12. L'équipotentialité | 32. Le changement de couleur |
| 13. L'inversion | 33. L'homogénéité |
| 14. La sphéricité | 34. Le rejet et la régénération |
| 15. Le degré de dynamisme | 35. Le changement d'état |
| 16. Le surplus ou réduction | 36. L'utilisation des changements de phase |
| 17. Le changement de dimension | 37. L'expansion thermique |
| 18. L'oscillation | 38. L'oxydation |
| 19. L'action périodique | 39. L'environnement d'insertion |
| 20. L'action d'utilité | 40. Le matériau composite |

Les 40 principes "solutions" aux problèmes ont incité Altshuller à identifier les paramètres de conception en conflit. Ces paramètres sont au nombre de 39 et donnèrent ensuite naissance à la matrice de résolution des conflits présentée en 2.2 (Altshuller, 1988) (Mazur, 1996) (Royzen, 1996) :

1. Masse d'un objet mobile	21. Puissance
2. Masse d'un objet immobile	22. Gaspillage d'énergie
3. Longueur d'un objet mobile	23. Gaspillage de substance
4. Longueur d'un objet immobile	24. Perte d'information
5. Surface d'un objet mobile	25. Perte de temps
6. Surface d'un objet immobile	26. Quantité de substance
7. Volume d'un objet mobile	27. Fidélité
8. Volume d'un objet immobile	28. Précision de la mesure
9. Vitesse	29. Précision de l'usinage
10. Force	30. Facteurs nuisibles agissant sur l'objet
11. Tension, pression	31. Facteurs nuisibles annexes
12. Forme	32. Usinabilité
13. Stabilité de l'objet	33. Facilité d'utilisation
14. Résistance	34. Aptitude à la réparation
15. Longévité d'un objet mobile	35. Adaptabilité
16. Longévité d'un objet immobile	36. Complexité de l'appareil
17. Température	37. Complexité de contrôle
18. Brillance	38. Degré d'automatisation
19. Energie dépensée par l'objet mobile	39. Productivité
20. Energie dépensée par l'objet immobile	

2.2 La matrice de résolution des conflits technologiques (Altshuller, 1988)

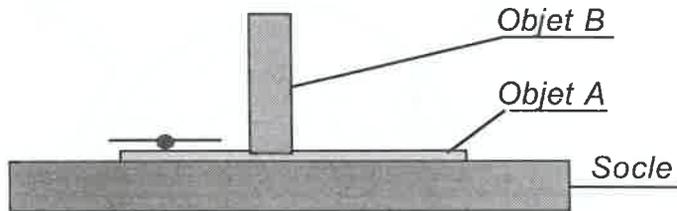
Cette matrice 39x39 intègre donc les 39 paramètres de conception, les 40 principes d'innovation au même titre que "l'ombre" des mécanismes des 40.000 dépôts de brevets qui ont servi à l'établir. Elle se présente de la manière suivante (Tableau 2) :

		X			
		1	2	13	39
Y		Masse d'un objet mobile	Masse d'un objet immobile	Stabilité de l'objet	Productivité
	1	Masse d'un objet mobile			35. 3. 24.37
	2	Masse d'un objet immobile			1.28. 15.35
	9	Vitesse		35.15. 18.34	
	39	Productivité	35.26. 24.37		

Tableau 2 : Fragment de la matrice d'ALTSULLER

Quant à son fonctionnement, il consiste à modéliser le problème en exposant ce qu'il faut améliorer (en ordonnée) et ce qui bloque l'évolution (en abscisse). On arrive ensuite sur 1 ou plusieurs principes d'innovation donnant des pistes de recherche de solutions.

Exemple d'utilisation de la matrice :



Dans le cas suivant, on veut déplacer l'objet A mais sans nuire à la stabilité de l'objet B. Le conflit en présence peut être modélisé comme suit : Vitesse contre Stabilité (X13 / Y9). L'intersection donne : 35.15.18.34, soit : Le changement d'état, le degré de dynamisme, l'oscillation, le rejet et la régénération. Ces principes de base sont en fait des pistes destinées à diriger l'ingénieur, le groupe d'étude en charge de la résolution du problème vers les standards identifiés par Altshuller suite à ses analyses.

Nota : Il est vrai que mettre en vibration le socle peut apporter une solution au problème posé (principe 18 : L'oscillation).

2.3 Les 8 lois d'évolution de systèmes (Kowalick, 1997)

Une autre des conclusions d'Altshuller fut d'identifier des lois d'évolution des systèmes. La recherche technologique traditionnelle a toujours tenté de prédire les évolutions futures des systèmes. Dans cette optique, les lois d'évolution ont pour objectif de restreindre le champ d'investigation de l'entreprise dans sa stratégie d'évolution de produit. Une vue d'ensemble de ces 8 lois est présentée figure 4.

Ainsi, lors d'une recherche en vue du développement d'un produit ou d'un système, cet outil permet de repérer le positionnement actuel du produit sur une des 8 lois. Reste ensuite à interpréter son développement futur en accord avec le principe de base de cette loi.

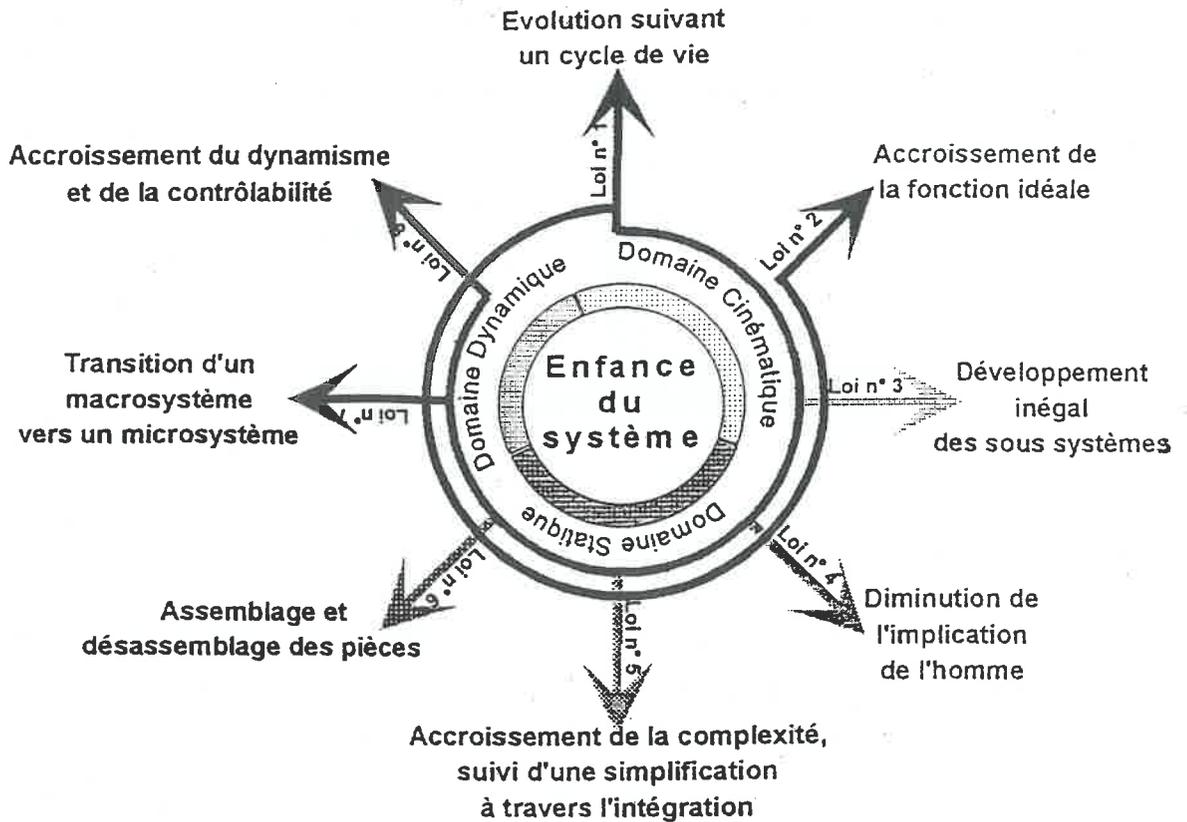


Fig. 4: Les 8 lois d'évolution des systèmes

Exemple de positionnement : Les systèmes de freinages automobiles ont vu une évolution de leur technologie passer du freinage tambour au contrôle par valve de l'intensité de celui-ci. Ceci est caractéristique de la loi N°8 (Accroissement du dynamisme et de la contrôlabilité) qui peut laisser penser que l'évolution future de ce système sera d'anticiper l'action de freinage par un appareillage radar de détection des obstacles.

3. ARIZ (Algorithme de Résolution des Problèmes d'Innovation) (Mazur, 1996) (Verduyn, 1996)

Une des limites de TRIZ apparaît instantanément et réside dans le traitement d'un problème de développement de produits sous son aspect global. En effet, si la méthode propose toute une batterie d'outils au service de l'inventeur, elle n'encadre pas cette recherche qui devient vite non structurée. Les chercheurs russes de l'équipe d'Altshuller ont donc voulu palier ce problème en mettant au point une : "méthode cadre" connue sous l'acronyme d'ARIZ / ARPI. Cet algorithme est une procédure systématique d'analyse du problème avec pour objectif principal d'éliminer les contradictions apparentes. En fonction de la nature du problème, 7 étapes de base sont à considérer (figure 5) :

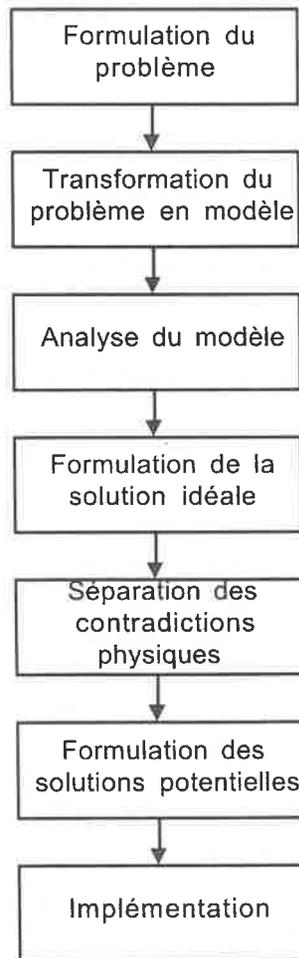


Fig. 5: Etapes de base d'ARIZ

4. TRIZ ET SES NOTIONS ESSENTIELLES

4.1 Notion de résultat idéal (Royzen, 1996) (Mazur, 1996)

Tout système peut prétendre parvenir à son idéal, il s'agit ici d'imaginer, bien au delà des réalités technologiques, ce que pourrait être la représentation idéale d'un système. Par définition, un système idéal est un système *qui n'existe pas mais dont la fonction est assurée* d'une manière ou d'une autre (ALTSHULLER, 1984). Par exemple, pour le cas d'un stylo, l'idéal serait que la fonction "déposer une substance" soit assurée en l'absence totale du stylo en tant qu'objet. Cet idéal est caractérisé par la formule suivante :

$$D = \frac{\sum F_u}{\sum F_p + \sum F_h}$$

où :

- D est le degré d'approche de l'idéal
- $\sum F_u$ est la somme des bénéfiques des fonctions utiles du système
- $\sum F_p$ est la somme des dépenses générées par le système
- $\sum F_h$ est la somme des dépenses des fonctions nuisibles causées par le système

Bien entendu cet idéal est dans bien des cas utopique, mais une réflexion dans cette direction peut souvent mettre en évidence des solutions jusqu'ici inexplorées.

4.2 *Notion de conflit industriel*

En terme de conception, on voit souvent apparaître des conflits liés intrinsèquement aux multiples paramètres pouvant apporter une solution au problème. De plus, chaque solution apporte son lot d'avantages et d'inconvénients; naissent alors ces conflits qui nuisent à la décision à prendre. Prenons pour exemple une pièce dont l'épaisseur x permet de remplir la fonction actuelle : supporter une masse M . Si l'on veut améliorer la résistance de cette pièce, on peut augmenter son épaisseur. Mais cette dernière devient alors plus lourde d'où l'existence d'un conflit entre la résistance et la masse. Jusqu'ici on procédait à des compromis sur le niveau requis des critères en accord avec la flexibilité admise ou bien encore on sacrifiait une ou plusieurs fonctions au lieu de les satisfaire toutes par une autre solution, une solution d'une autre génération. Quant aux cas où les conflits sont au début inexistant, ils ne tardent pas à d'arriver dès lors qu'on modifie un paramètre qui par son absence va détériorer telle ou telle fonction qu'il assurait.

4.3 *Notion d'inertie psychologique*

Nous sommes tous sous l'influence de nos savoirs respectifs. La maîtrise que nous avons de telle ou telle activité nous apporte parfois une assurance, une rigidité dans notre façon de penser et, de ce fait, nous interdit bien souvent de voire une solution existante, et toute proche ! Combien d'entre nous ne se sont pas exclamés "mais comment n'y ai-je pas pensé avant ?!" au moment d'apprendre la solution découverte par la concurrence. TRIZ part du principe que la plupart des problèmes et des progrès dans le domaine industriel peuvent être résolus par des savoirs précédemment acquis par les concepteurs et l'ensemble des outils qu'il développe vise à briser cette inertie psychologique en structurant la réflexion de l'ingénieur afin de l'entraîner bien au delà de ses compétences propres et surtout bien au delà de son centre d'intérêt du moment. Un moyen simple d'étudier l'absence totale d'inertie psychologique est d'observer un enfant en bas âge essayer vainement de faire entrer une pièce de forme carrée dans un orifice rond.

5. TRIZ DANS LE MONDE

Forte d'une quarantaine d'années d'étude et de mise au point, la méthode TRIZ a pris un nouvel envol depuis la chute du rideau de fer (1989), dès lors qu'elle fut exportée aux U.S.A. par des experts russes. Altshuller en perdit alors le contrôle et le syndrome TRIZ gagna le continent américain. Depuis, de nombreuses entreprises ont saisi l'enjeu économique

généralisé par l'intégration d'une méthode permettant de systématiser la production d'idées dans une phase de développement produit. Parmi les entreprises pionnières dans l'utilisation de la méthode on trouve :

- Allied Signal Aerospace Sector
- Chrysler Corp.
- Emerson Electric, Ford Motor Co.
- General Motors Corp.
- Johnson & Johnson
- Rockwell International
- UNISYS
- Xerox Corporation
- Motorola

Aujourd'hui, plus de 200 entreprises ont été recensées comme utilisatrices de la méthode.

Les américains (en collaboration avec les russes) ont ensuite développé des logiciels permettant l'application efficace et guidée de la méthode (Mazur, 1996) (Choi, 1996). Parmi les plus connus on trouve : Improver, Ideator, Eliminator, Innovation Workbench, Invention Machine Lab.

La création de centres de ressources, de pôles de compétences dans l'utilisation, la formation et le transfert de technologies ont ensuite vu le jour notamment aux U.S.A., et en Suède avec (Altshuller, 1984) :

- Ideation International, Inc., Santa Monica, U.S.A.
- The TRIZ consulting Group, Seattle, U.S.A.
- The P.Q.R. Group, Upland, U.S.A.
- Renaissance Leadership institute, Oregon house, U.S.A.
- TIPS Innovation, Stockholm, Suède
- Invention Machine Corp., Danderyd, Suède
- Invention Machine Corp., Cambridge, U.S.A.
- American Supplier Institute, Cambridge, U.S.A.

L'enseignement n'est pas en reste non plus dans la maîtrise de TRIZ (Domb, Kowalick, 1997). Des universités parmi les plus réputées l'ont incluse dans leurs programmes d'enseignement avec notamment aux U.S.A. : Florida Atlantic University, Wayne State University, University of Michigan, University of Connecticut, le célèbre M.I.T., puis de par le monde avec : University of Linoping (Suède), The Royal Institute of Technology (Suède), Coburg University (Allemagne), University of Twente (Pays bas), Tel-Aviv Open University (Israël).

L'état actuel des compétences, des activités et des connaissances dans la méthode donnent la répartition mondiale représentée Figure 6.

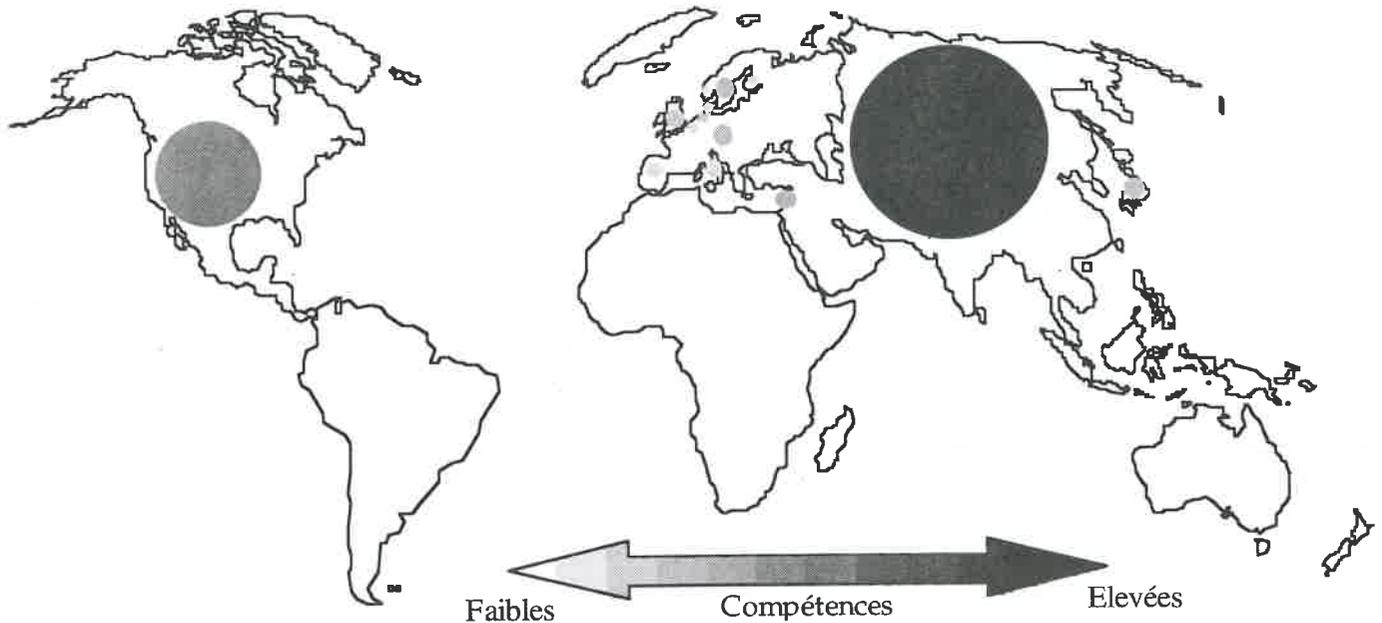


Fig. 6: Importance des activités TRIZ dans le monde

Enfin, TRIZ est aujourd'hui à l'origine de plus de 350 dépôts de brevets internationaux par année, (environ 1 sur 1500) (source I.N.P.I.⁴), et gagne désormais d'autres domaines d'activités comme le Marketing, le Management et la Publicité (BERG, 1996).

6. CONCLUSION

Parmi les outils sur le marché, TRIZ demeure le seul à aller jusqu'à proposer des idées, des pistes technologiques de recherche. En un mot, il a pour vocation d'accroître la créativité des ingénieurs en exposant un problème bien au delà de la pensée d'un individu. Mais gardons nous de croire qu'il apporte des solutions toutes faites, TRIZ ne fait que provoquer ces solutions par les idées qu'il émet aux ingénieurs qui restent encore les garants de la qualité de l'analyse. Cependant, comme tout outil, TRIZ a ses limites: intégrer les données concernant le système de production, la précision dans la justesse de la modélisation, l'absence de paramètres (parmi les 39) permettant de trouver celui qui pourrait être idéal (Royzen, 1996). La voie reste donc ouverte pour la réflexion et la recherche d'une perpétuelle amélioration de l'outil lui même. De plus, TRIZ s'intègre parfaitement dans une démarche d'évolution de produit et son association avec d'autres outils tels Q.F.D. et le "Robust Design" (Verduyn, 1996) laisse présager une amélioration considérable de l'efficacité d'une démarche d'évolution produit. Son intégration pourra aller jusqu'à la définition d'une méthodologie globale et générique d'évolution des produits et systèmes d'ingénierie, théorie indispensable à toute entreprise tournée vers le 21^{ème} siècle.

⁴ Institut National de la Propriété Industrielle

7. BIBLIOGRAPHIE

1. ALTSHULLER G., (1988) *Creativity as an Exact Science*, Gordon and Breach, New York.
2. ALTSHULLER G., (1984) *And Suddenly the Inventor Appeared*, Second Edition, Technical Innovation Center, Inc., Worcester MA,
3. CHOI A., (1996) "Invention Machine's Software Wins Orders for Picking Brains of Inventors", *The Wall Street Journal*.
4. BERG O., "The history of TRIZ/TIPS", (1996), TIPS Innovation, On-line publication on the web.
5. DOMB E., TATE K., (1996), "TRIZ 40 Principles", P.Q.R. Group.
6. DOMB E., KOWALICK J., (1997) "TRIZ in Universities", *The TRIZ Journal*.
7. KOWALICK J., (1997) "Predicting Next Generation Products & Processing Using AFTER", *The TRIZ Journal*.
8. MAZUR G., (1996), "Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)", WWW.
9. ROYZEN Z.a, , (Nov 5-8 1996), "Solving Contradictions in Development of New Generation Products Using TRIZ" (1), 2nd Annual Total Product Development Symposium.
10. ROYZEN Z.b, (Nov 5-8 1996), "Solving Contradictions in Development of New Generation Products Using TRIZ" (2), 2nd Annual Total Product Development Symposium.
11. SUSHKOV V., (1997), "Technosocial Competition", *The TRIZ Journal*.
12. VERDUYN D., WU A., (1996), "Integration of QFD, TRIZ, and Robust Design", *American Supplier Institute*.
13. VERDUYN D., (1996), "Tomorrow's Invention Today !", *Technology Century*, p. 15-22.

