

TRIZ

TRIZ est l'acronyme russe de la théorie de résolution des problèmes inventifs. C'est une approche algorithmique éprouvée pour résoudre les problèmes techniques. Son élaboration débuta en 1946 lorsque l'ingénieur et scientifique russe Genrich Altshuller découvrit que l'évolution des systèmes techniques est régie par des lois objectives. Ces lois peuvent être utilisées pour conduire de façon rigoureuse le développement d'un système tout au long de son évolution technique en déterminant et en mettant en œuvre des innovations.

Idée directrice :

TRIZ part du principe que les problèmes rencontrés durant la conception d'un nouveau produit présentent des analogies, et donc, que des solutions analogues doivent pouvoir s'appliquer. Ce constat vient de l'analyse d'une grande masse de brevets par l'auteur de la théorie. On évite ainsi de réinventer perpétuellement la roue ou le fil à couper le beurre.

1) Objectifs de TRIZ

L'ambition de TRIZ est de favoriser la créativité, ou stimuler la recherche de concepts innovants en proposant aux ingénieurs et aux inventeurs des outils de déblocage de l'inertie mentale. À partir de la créativité propre à chacun, TRIZ oriente le concepteur et le guide à chaque étape de la résolution de problème, en proposant systématiquement des solutions génériques et des outils éprouvés. Ceci permet de profiter de l'expérience acquise dans différents domaines d'activité et des principes fondamentaux simples qui en ont été tirés. TRIZ conduit l'utilisateur vers la bonne formulation de son problème. À partir des « fils rouges » de la réflexion donnés par TRIZ, le concepteur a les moyens de réagir et adapte les indications données en solutions concrètes à sa propre recherche. TRIZ repose sur l'analyse de 400 000 brevets internationaux pour présenter ensuite les démarches fonctionnelles de réponses étayées de multiples exemples issus d'une grande variété de domaines et des principes communs d'innovations. Concrètement, TRIZ permet de résoudre les contradictions apparaissant durant une nouvelle conception, comme par exemple, dans le domaine des moteurs, la contradiction poids/puissance, ou en informatique, la contradiction vitesse/empreinte mémoire.

- Description de la situation à étudier à l'aide d'un schéma fonctionnel
- Modules de résolution ayant pour objectif de structurer et de systématiser la démarche de réflexion (génération d'un maximum d'idées autour d'un problème rencontré)
- Répertoire de 7500 connaissances scientifiques et techniques permettant d'affiner les concepts générés et d'en trouver d'autres
- Extraction d'informations de bases de brevets publics, proposition d'outils pour en analyser rapidement des résultats
- Tri des idées les plus intéressantes et génération de rapport.

2) Algorithme de TRIZ

L'algorithme ARIZ (plusieurs versions) regroupe l'ensemble des outils de TRIZ.

Cet algorithme est à la base de logiciels tels que les standards proposés par Invention Machine ou Ideation International.

Partant d'une matrice des contradictions mise à jour, d'une subdivision des principes d'inventivité en catégories et de liste d'effets scientifiques, des applications interactives constituent d'autres tentatives de

synthèse des outils TRIZ qui facilitent la formulation du problème sous la forme d'un conflit et la transition du problème générique aux différentes solutions envisageables.

3) Outils

- Principes d'invention
- Paramètres
- Matrice des contradictions
- Modèles d'évolution
- Solutions standards
- Principes de résolution des contradictions physiques

A) *Principes d'invention*

A partir de fiches assimilables à des brevets dans l'ex-URSS, Genrich Altshuller a identifié 40 principes à l'origine de toute invention. Ces 40 principes d'invention servent à la résolution d'une contradiction technique, soit un problème qui se présente lorsqu'on veut améliorer une caractéristique et qu'une autre se dégrade simultanément.

Ces principes sont les suivants :

- **1) Segmentation**
 - Diviser un objet en parties indépendantes
 - Réaliser un objet démontable (faciliter le démontage)
 - Accroître le degré de segmentation (fragmentation)
- **2) Extraction**
 - Extraire de l'objet une partie ou une de ses propriétés perturbatrices (enlever ou séparer de l'objet)
 - Extraire ou isoler seulement la propriété ou la partie utile
- **3) Qualité locale**
 - Passer d'une structure homogène d'un objet à une non homogène, ou passer d'un environnement (ou d'une action externe) homogène à un non homogène
 - Faire en sorte que chaque partie de l'objet réalise une fonction différente dans les meilleures conditions possibles
 - Spécialiser les différentes parties d'un objet (faire en sorte que chaque partie remplisse une fonction utile différente)
- **4) Asymétrie**
 - Remplacer la forme symétrique d'un objet en une forme asymétrique
 - Si l'objet est déjà asymétrique, renforcer son asymétrie
- **5) Fusion**
 - Grouper ou fusionner les objets identiques ou similaires (homogènes), assembler les parties identiques, destinées à des opérations parallèles ou contiguës
 - Combiner, regrouper dans le temps les opérations homogènes ou contiguës
- **6) Multifonctions**
 - Rendre apte une partie de l'objet à réaliser plusieurs fonctions pour remplacer les fonctions des autres parties de l'objet

- **7) Inclusion (poupées russes)**
 - Placer successivement les objets les uns dans les autres
 - Emboîter une partie de l'objet dans une partie creuse de l'autre
- **8) Contrepoids**
 - Compenser la masse d'un objet par combinaison avec un ou d'autres objets possédant une force ascensionnelle
 - Compenser la masse d'un objet grâce à des interactions avec l'environnement (force aérodynamique, hydrodynamique, de flottabilité,)
- **9) Action contraire préliminaire**
 - S'il est nécessaire d'effectuer une action qui engendrera des effets utiles et nuisibles, procéder à une action préventive pour contrôler les effets nuisibles
 - Si un objet doit supporter en fonctionnement des tensions indésirables mais connues, le soumettre à une tension préalable contraire.
- **10) Action préliminaire**
 - Réaliser un changement requis plus tard, entièrement ou partiellement, avant qu'il ne soit nécessaire
 - Pré positionner les objets pour qu'ils entrent en action efficacement et sans perte de temps
- **11) Protection préalable**
 - Compenser le manque de fiabilité relative d'un objet par des mesures préventives
- **12) Equipotentiel**
 - Dans un champ potentiel, limiter les possibilités de changer de position / Changer les conditions de travail pour éviter de devoir lever ou baisser un objet dans le champ gravitationnel
- **13) Inversion**
 - Inverser l'action utilisée normalement pour résoudre le problème
 - Rendre fixes les pièces mobiles (ou l'environnement externe) et mobiles les parties fixes
 - Retourner l'objet ou inverser le processus
- **14) Courbe**
 - Remplacer les droites par des courbes, les plans par des hémisphères, les cubes par des sphères, ...
 - Utiliser des rouleaux, sphères, spirales, voûtes
 - Remplacer les translations par des rotations, utiliser les forces centrifuges ...
- **15) Dynamisme**
 - Permettre ou prévoir l'ajustement des caractéristiques d'un objet (d'un processus, ou de l'environnement) pour rendre son action optimale ou pour se placer dans les meilleures conditions opératoires
 - Diviser un objet en éléments pouvant se déplacer les uns par rapport aux autres
 - Rendre flexible ou adaptable l'objet (ou le process) rigide ou non flexible
- **16) Excessif ou partiel**
 - S'il est difficile d'obtenir le résultat à 100% d'une manière donnée, réaliser partiellement ou à l'excès l'action pourra simplifier considérablement le problème
- **17) Autre dimension**
 - Ajouter une dimension : déplacer un objet dans un plan plutôt que suivant une ligne, dans l'espace plutôt que dans un plan
 - Utiliser un assemblage multicouches d'objets plutôt que monocouche

- Incliner ou réorienter l'objet, le positionner sur un de ses côtés
- Utiliser une autre face que celle utilisée
- Utiliser des flux optiques dirigés sur une surface voisine ou sur la face opposée à celle utilisée
- **18) Vibration**
 - Faire osciller ou vibrer un objet
 - Si l'oscillation existe déjà, augmenter la fréquence (même jusqu'aux ultra sons)
 - Utiliser la fréquence de résonance
 - Remplacer les vibrations mécaniques par des vibrations piézo-électriques
 - Combiner les ultrasons et les champs électromagnétiques
- **19) Action périodique**
 - Remplacer une action continue par une action périodique ou par une impulsion
 - Si l'action est déjà périodique, modifier sa fréquence ou sa période
 - Utiliser les pauses entre les impulsions pour réaliser une autre action
- **20) Continuité**
 - Travailler en continu, privilégier les actions où toutes les parties de l'objet travaillent à plein régime en permanence
 - Éliminer les temps morts, les marches à vide, les actions intermittentes
- **21) Vitesse élevée**
 - Conduire le procédé ou certaines de ses étapes (celles néfastes, dangereuses, hasardeuses) à grande vitesse
- **22) Conversion**
 - Utiliser les effets nuisibles (notamment ceux de l'environnement) pour obtenir une action positive
 - Éliminer un facteur nuisible en le combinant avec d'autres effets néfastes
 - Amplifier un effet nuisible jusqu'à ce qu'il cesse d'être néfaste
- **23) Rétroaction**
 - Introduire un asservissement (réponse, vérification) pour améliorer un procédé ou une action
 - Si l'asservissement est déjà en place, le modifier (ampleur, influence)
- **24) Intermédiaire**
 - Utiliser un objet ou procédé intermédiaire pour transmettre l'action
 - Combiner temporairement l'objet à un autre, lequel devra pouvoir être enlevé facilement (réversibilité)
- **25) Self service**
 - Rendre un objet autonome (y compris auto entretien) en ajoutant des fonctions auxiliaires utiles (réparation, ...)
 - Utiliser des ressources gaspillées ou perdues : énergie, déchets, ...
- **26) Copie**
 - Utiliser des copies simplifiées et bon marché plutôt qu'un objet complexe, cher, fragile
 - Remplacer un objet ou un procédé par leurs copies optiques
 - Si des copies optiques sont déjà utilisées, passer à des copies dans l'infrarouge ou l'ultraviolet
- **27) Ephémère et bon marché**
 - Remplacer un objet cher par de nombreux objets bon marché, en renonçant à certaines propriétés (comme la durée de vie)

- **28) Interaction non mécanique**
 - Remplacer un système mécanique par des moyens sensoriels (optique, acoustique, toucher, olfactif)
 - Interagir avec l'objet avec des champs électriques, magnétiques, électromagnétiques
 - Passer de champs statiques (espace ou temps) à des champs mobiles (espaces ou temps), de champs non structurés à des champs structurés
 - Combiner l'utilisation de champs avec l'utilisation de particules activées par un champ (ferromagnétiques notamment)
- **29) Fluide**
 - Remplacer les parties solides d'un objet par du gaz ou du liquide : objets gonflables (à air ou eau), coussin d'air, hydrostatiques et hydroréactif.
- **30) Membrane flexible**
 - Remplacer les structures tridimensionnelles par des membranes souples et des films minces
 - Isoler l'objet de son environnement en utilisant des membranes souples ou des films minces
- **31) Porosité**
 - Rendre un objet poreux ou lui adjoindre des éléments poreux (inserts, revêtement, ..)
 - Si l'objet est déjà poreux, remplir les porosités d'une substance utile (ou fonction utile)
- **32) Changement de couleur**
 - Modifier la couleur d'un objet ou de son environnement
 - Modifier le degré de transparence d'un objet ou de son environnement
 - Utiliser des colorants (additifs) pour observer des objets (processus) difficiles à observer
 - Si de tels additifs sont déjà utilisés, utiliser des atomes repérables
- **33) Homogénéité**
 - Utiliser le même matériau pour les objets interagissant avec un objet donné (ou des matériaux ayant des propriétés similaires ou proches)
- **34) Rejet et régénération**
 - Éliminer (par dissolution, évaporation, ...) les parties de l'objet qui ont fini de remplir leurs fonctions ou les modifier directement pendant l'opération
 - Inversement, régénérer ou récupérer les consommables directement pendant l'opération
- **35) Valeur d'un paramètre**
 - Changer de phase (solide, liquide, gazeux)
 - Changer la concentration, la densité ou la consistance
 - Modifier le degré de flexibilité
 - Changer la température
- **36) Phase de transition**
 - Utiliser les phénomènes liés aux changements de phase : changement de volume, création ou perte de chaleur, ...
- **37) Dilatation**
 - Utiliser la dilatation ou la contraction thermique des matériaux
 - Si la dilatation thermique est déjà utilisée, utiliser plusieurs matériaux aux coefficients de dilatation thermique différents
- **38) Oxydants puissants**
 - Remplacer l'air par de l'air enrichi en oxygène
 - Remplacer l'air enrichi en oxygène par de l'oxygène pur
 - Exposer l'air ou l'oxygène à des radiations ionisantes

- Utiliser de l'oxygène ionisé
- Remplacer l'oxygène ionisé (ou ozonisé) par de l'ozone
- **39) Élément inerte**
 - Remplacer l'environnement normal par un environnement inerte, réaliser le processus sous vide
 - Ajouter des éléments neutres ou des additifs inertes
- **40) Composites**
 - Remplacer les matériaux homogènes par des matériaux composites

B) Paramètres

Les 39 paramètres sont les caractéristiques qui permettent de définir un système technique. À l'aide de la matrice TRIZ, on cherche à améliorer une caractéristique, tout en en préservant d'autres. Ces 39 paramètres sont les suivants :

- 01 - poids de l'objet mobile
- 02 - poids de l'objet statique
- 03 - longueur de l'objet mobile
- 04 - longueur de l'objet statique
- 05 - surface de l'objet mobile
- 06 - surface de l'objet statique
- 07 - volume de l'objet mobile
- 08 - volume de l'objet statique
- 09 - vitesse
- 10 - force
- 11 - tension, pression
- 12 - forme
- 13 - stabilité de l'objet
- 14 - résistance
- 15 - durée d'action de l'objet mobile
- 16 - durée d'action de l'objet statique
- 17 - température
- 18 - intensité lumineuse
- 19 - énergie utilisée par l'objet mobile
- 20 - énergie utilisée par l'objet statique
- 21 - puissance
- 22 - perte d'énergie
- 23 - perte de substance
- 24 - perte d'information
- 25 - perte de temps
- 26 - quantité de substance
- 27 - fiabilité
- 28 - précision de la mesure
- 29 - précision de fabrication
- 30 - facteur néfaste à l'objet
- 31 - facteurs néfastes induits
- 32 - facilité de réalisation
- 33 - facilité d'usage
- 34 - entretien
- 35 - adaptabilité
- 36 - complexité du produit

- 37 - complexité du pilotage
- 38 - degré d'automatisation
- 39 - productivité

C) Matrice des contradictions

Plusieurs variantes successives de matrice des contradictions ont été élaborées. Après de nouvelles compilations de bases de données brevets, les dernières versions sont susceptibles de fournir des résultats très satisfaisants.

A chaque intersection d'une matrice des contradictions sont répertoriés les numéros des principes d'inventivité qui correspondent à la résolution de la contradiction technique considérée.

| Paramètre qui se dégrade | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|-----------|-------------------|----|-----------|-----------|-----------|
| | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | .. | 16 | 17 | .. | 37 | 38 | 39 |
| 01 Poids d'un objet mobile | | | 15,0 8 | | 29,1 7 | | 29,0 2 | | 02,0 8 | .. | | 06,2 9 | .. | 28,2 9 | 26,3 5 | 35,0 3 |
| | | | 29,3 4 | | 38,3 4 | | 40,2 8 | | 15,3 8 | · | | 04,3 8 | · | 26,3 2 | 18,1 9 | 24,3 7 |
| 02 Poids d'un objet immobile | | | | 10,0 1 | | 35,3 0 | | 05,3 5 | | .. | 02,2 7 | 28,1 9 | .. | 25,2 8 | 02,2 6 | 01,2 8 |
| | | | | 29,3 5 | | 13,0 2 | | 14,0 2 | | · | 19,0 6 | 32,2 2 | · | 17,1 5 | 35 | 15,3 5 |
| 03 Longueur d'un objet mobile | 08,1 5 | | | | 15,1 7 | | 07,1 7 | | 13,0 4 | .. | 01,0 8 | 01,0 8 | .. | 35,0 1 | 17,2 4 | 14,0 4 |
| | 29,3 4 | | | | 14 | | 04,3 5 | | 08 | · | 35 | 10,2 9 | · | 26,2 4 | 26,1 6 | 28,2 9 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | .. | ... | ... | .. | ... | ... | ... |
| 39 Productivité | 35,2 6 | 28,2 7 | 18,0 4 | 30,0 7 | 10,2 6 | 10,3 5 | 02,0 6 | 35,3 7 | | .. | 20,1 0 | 25,2 1 | .. | 35,1 8 | 05,1 2 | |
| | 24,3 7 | 15,3 | 28,3 8 | 14,2 6 | 34,3 1 | 17,0 7 | 34,1 0 | 10,0 2 | | · | 16,3 8 | 28,1 0 | · | 27,0 2 | 35,2 6 | |

Ainsi, si l'on est face à un problème à résoudre, pour lequel :

- Le paramètre qui se dégrade est la température (paramètre 17)
- Le paramètre à améliorer est la productivité (paramètre 39)

On cherchera les principes à appliquer dans la cellule à l'intersection de la colonne 17 et de la ligne 39, soit :

- **25) Self service**
 - Rendre un objet autonome (y compris auto entretien) en ajoutant des fonctions auxiliaires utiles (réparation, ...)
 - Utiliser des ressources gaspillées ou perdues : énergie, déchets.

- **21) Vitesse élevée**
 - Conduire le procédé ou certaines de ses étapes (celles néfastes, dangereuses, hasardeuses) à grande vitesse.
- **28) Interaction non mécanique**
 - Remplacer un système mécanique par des moyens sensoriels (optique, acoustique, toucher, olfactif)
 - Inter agir avec l'objet avec des champs électriques, magnétiques, électromagnétiques
 - Passer de champs statiques (espace ou temps) à des champs mobiles (espaces ou temps), de champs non structurés à des champs structurés
 - Combiner l'utilisation de champs avec l'utilisation de particules activées par un champ (ferromagnétiques notamment)
- **10) Action préliminaire**
 - Réaliser un changement requis plus tard, entièrement ou partiellement, avant qu'il ne soit nécessaire
 - Pré positionner les objets pour qu'ils entrent en action efficacement et sans perte de temps

D) Principes de résolution des contradictions physiques

Les principes de résolution des contradictions physiques permettent de séparer les paramètres contradictoires opposés, 11 principes de résolution sont proposés par Genrich Altshuller :

1. Séparation des paramètres contradictoires en espace
2. Changement dynamique
3. Séparation des paramètres contradictoires en temps
4. Combinaison de systèmes homogènes ou hétérogènes au niveau du super-système
5. Combinaison d'un système et de son opposé
6. Attribution d'une propriété P au système et d'une anti-propriété -P aux sous-parties du système
7. Transition au niveau microscopique
8. Changement de phase d'une partie du système
9. Utilisation de phénomènes accompagnant la transition de phase
10. Remplacement d'une substance monophasée par une substance bi ou polyphasée
11. Combinaison de transitions de phase