

TRIZ

Théorie de Résolution des Problèmes Inventifs



Des ressources en licences libres pour un
développement durable

www.graineahumus.org

Table des matières

Avant-propos.....	1
Licence.....	1
Introduction.....	2
Degrés d'inventivité.....	3
Concepts.....	4
L'inertie psychologique.....	4
Résultat idéal final.....	4
Principe de résolution de la TRIZ.....	5
Contradictions.....	5
Lois d'évolution des systèmes techniques.....	6
Outils de la TRIZ.....	7
Paramètres techniques.....	7
Principes d'innovation.....	8
Matrice des contradictions techniques.....	12
Principes de résolution des contradictions physiques.....	15
Autres Outils de TRIZ.....	15
Critiques de TRIZ.....	15

Avant-propos

TRIZ (acronyme russe de la Théorie de Résolution des Problèmes Inventifs, Teorija Reshenija Izobretateliskih Zadatch (Теория Решения Изобретательских Задач - ТРИЗ)) est une approche heuristique destinée à résoudre des problèmes d'innovation, principalement techniques. Elle est élaborée à partir de 1946 par l'ingénieur soviétique Genrich Altshuller, lorsqu'il constata que le progrès technologique suit de façon générale un cours descriptible par des lois. Ces lois suggèrent une procédure à suivre pour innover en matière de technologies, notamment en explorant des solutions génériques, empruntées à d'autres domaines, qui n'ont pas encore été appliquées au problème particulier à l'étude.

Dans ce document se trouve en grande partie un résumé de la méthode telle qu'on la trouve sur <https://fr.wikipedia.org/wiki/TRIZ>

Licence

Le contenu écrit de ce document est en *licence CC BY SA, licence utilisée par Wikipédia*.

~~~

*Version 1 (Septembre 2024) par Ben LARCHER, membre de l'association « De la graine à l'humus ».*

# Introduction

TRIZ considère que les problèmes rencontrés durant la conception d'un nouveau produit présentent des analogies avec d'autres et que des solutions analogues doivent pouvoir s'appliquer. Ce constat résulte de l'analyse d'un grand nombre de brevets par l'auteur de la théorie et son équipe.

L'ambition de TRIZ est de favoriser la créativité, ou de 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, ce qui 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 une formulation générique et abstraite de son problème, puis vers des principes de résolution du problème abstrait destiné à inspirer des solutions inventives dans l'espace du problème réel.

Le résultat de l'analyse des brevets a permis de mettre en évidence trois éléments clefs de TRIZ :

1. Les solutions et les problèmes sont identiques dans tous les secteurs industriels et scientifiques ;
2. Les modèles d'évolution technique sont également répétés dans tous les secteurs industriels et scientifiques ;
3. Les innovations utilisent des effets scientifiques en dehors du domaine dans lequel ils ont été développés.

# Degrés d'inventivité

TRIZ définit différents degrés d'inventivité en fonction des ressources en termes de connaissances requises pour leur implémentation.

| Niveau | Degré d'inventivité  | Pourcentage de solutions | Connaissances nécessaires                  | Nombre d'essais requis | Exemple                                            |
|--------|----------------------|--------------------------|--------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------|
| I      | Solution apparente   | 32 %                     | Connaissance d'un individu                 | 10                     | Tasse pour tenir le café au chaud                  |
| II     | Amélioration mineure | 45 %                     | Connaissance de l'entreprise               | 100                    | Bouteille isotherme en verre soufflé               |
| III    | Amélioration majeure | 18 %                     | Connaissance de l'industrie                | 1 000                  | Bouteille isotherme incassable en acier inoxydable |
| IV     | Nouveau projet       | 4 %                      | Connaissances toutes industries confondues | 100 000                | Prothèse médicale, isotherme et biocompatible      |
| V      | Découverte           | < 1 %                    | Ensemble des savoirs d'une civilisation    | 1 000 000              | Thermodynamique de la division cellulaire          |

Degrés d'inventivité

# Concepts

## L'inertie psychologique

TRIZ préconise plusieurs attitudes permettant de lutter contre l'inertie psychologique :

- Ne jamais considérer que la solution réside dans son propre domaine de compétence
- Rechercher la pluridisciplinarité
- Rechercher les termes, les expressions, les sigles, les éléments de langage technique qui peuvent conduire à l'inertie et les remplacer par d'autres
- Respecter les idées farfelues

## Résultat idéal final

Le RIF (Résultat Idéal Final) est le concept central de TRIZ. Il consiste à *décrire l'objet idéal qui maximiserait les fonctions utiles et minimiserait les fonctions néfastes et coûts*.

Il poursuit les objectifs suivants:

- Encourager les idées créatrices,
- Orienter les discussions vers des solutions rejetant le compromis,
- Déterminer les limites du cas d'étude,
- Choisir les outils de TRIZ qui seront employés

Il peut généralement s'exprimer sous la forme d'une phrase de type:

L'élément \_\_\_\_\_ sans compliquer le système ni faire apparaître d'action nuisible, résout \_\_\_\_\_, pendant le temps opératoire \_\_\_\_\_ et dans la zone opératoire \_\_\_\_\_ et conserve la possibilité de garder l'action bénéfique \_\_\_\_\_

Le degré d'approche de l'idéal D est généralement représenté par

$$D = \frac{\sum F_u}{\sum F_n + \sum F_c}$$

où  $\sum F_u$  représente la somme des fonctions utiles,  $\sum F_n$  celle des fonctions néfastes et  $\sum F_c$  les éléments influant négativement sur le coût (du point de vue économique ou temporel).

# Principe de résolution de la TRIZ

La méthode TRIZ utilise 3 phases afin de résoudre un problème de conception innovante :

1. Une phase d'abstraction du problème, visant à traduire un problème spécifique (le problème à résoudre) en un problème générique qui soit indépendant du domaine physique du problème. Ce problème générique est décrit sous la forme de contradictions.
2. Une phase de résolution du problème générique, visant à identifier les principes de résolution pouvant être utilisés pour résoudre les contradictions identifiées dans la phase précédente. Cette phase conduit à la définition de solutions génériques.
3. Une phase de concrétisation de la solution, visant à traduire les solutions génériques en concept de solution, permettant de résoudre le problème spécifique.

Cette stratégie vise notamment à permettre au concepteur l'utilisation de principes de solutions en dehors du domaine du problème technique ; conformément à l'un des constats d'Altshuller (Les innovations utilisent des effets scientifiques en dehors du domaine dans lequel ils ont été développés).

## Contradictions

Les problèmes d'innovation présentent la même difficulté majeure : ils semblent insolubles, du fait de la présence d'un certain nombre de contradictions. Les ingénieurs ont tendance à privilégier une solution qui est un compromis entre les différents paramètres plutôt qu'une solution résolvant ces contradictions.

TRIZ distingue trois types de contradictions :

- les contradictions opérationnelles ;
- les contradictions techniques ;
- les contradictions physiques.



# Lois d'évolution des systèmes techniques

Il est identifié une série de modèles de base qui permettent d'anticiper l'évolution d'un produit. 8 lois d'évolution sont présentées de la manière suivante.

## 1. Lois statiques

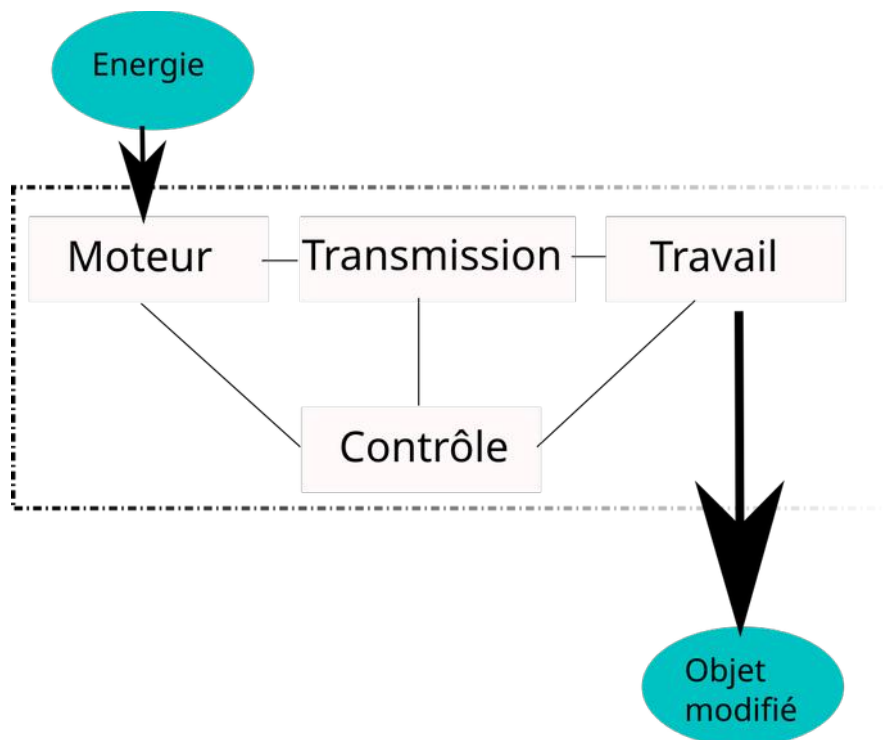
1. **Loi 1** : Intégralité des parties d'un système technique : Un système technique doit avoir un élément moteur, un organe de transmission, un organe de travail et un organe de contrôle
2. **Loi 2** : Conductibilité énergétique du système : Libre passage de l'énergie entre les différents organes
3. **Loi 3** : Coordination des rythmes des parties : Coordination en fréquence, vibration, périodicité

## 2. Lois cinématiques

1. **Loi 4** : Augmentation du niveau d'idéalité : Le système tend vers un idéal dont le volume, le poids, la surface, le coût tendent vers zéro à iso-performance
2. **Loi 5** : Développement inégal des entités : Le développement inégal des sous-systèmes conduit à des contradictions
3. **Loi 6** : Transition vers le super système : Après avoir épuisé les possibilités d'innovation de l'objet, celles-ci apparaissent au niveau du système

## 3. Lois dynamiques

1. **Loi 7** : Transition vers le microniveau : Passage du macro au microniveau
2. **Loi 8** : Augmentation de la dynamisation et du niveau de contrôlabilité : tendance à augmenter les organes de contrôle



Schématisation de la loi d'évolution 1 (Luc Brunet, Licence CC BY SA)



# Outils de la TRIZ

## Paramètres techniques

Les 39 paramètres sont les caractéristiques qui permettent de définir un système technique. Un problème technique, du point de vue de TRIZ, est composé d'un ensemble de contradictions faisant intervenir quelques-uns des 39 paramètres techniques. Une contradiction est caractérisée par le fait que l'amélioration d'un paramètre implique la dégradation d'un ou plusieurs autres paramètres. La phase d'abstraction du problème technique consiste ainsi à décrire le problème initial à partir de ces paramètres techniques.

|                                              |                                  |
|----------------------------------------------|----------------------------------|
| 01/1 - poids de l'objet mobile               | 21/L - puissance                 |
| 02/2 - poids de l'objet statique             | 22/M - perte d'énergie           |
| 03/3 - longueur de l'objet mobile            | 23/N - perte de substance        |
| 04/4 - longueur de l'objet statique          | 24/O - perte d'information       |
| 05/5 - surface de l'objet mobile             | 25/P - perte de temps            |
| 06/6 - surface de l'objet statique           | 26/Q - quantité de substance     |
| 07/7 - volume de l'objet mobile              | 27/R - fiabilité                 |
| 08/8 - volume de l'objet statique            | 28/S - précision de la mesure    |
| 09/9 - vitesse                               | 29/T - précision de fabrication  |
| 10/A - force                                 | 30/U - facteur néfaste à l'objet |
| 11/B - tension, pression                     | 31/V - facteurs néfastes induits |
| 12/C - forme                                 | 32/W - facilité de réalisation   |
| 13/D - stabilité de l'objet                  | 33/X - facilité d'usage          |
| 14/E - résistance                            | 34/Y - entretien                 |
| 15/F - durée d'action de l'objet mobile      | 35/Z - adaptabilité              |
| 16/G - durée d'action de l'objet statique    | 36/a - complexité du produit     |
| 17/H - température                           | 37/b - complexité du pilotage    |
| 18/I - intensité lumineuse                   | 38/c - degré d'automatisation    |
| 19/J - énergie utilisée par l'objet mobile   | 39/d - productivité              |
| 20/K - énergie utilisée par l'objet statique |                                  |

Paramètres de la matrice de contradictions techniques

À l'aide de la matrice des contradictions techniques, on peut identifier les principes de solutions pouvant être mis en œuvre afin de résoudre ces contradictions. C'est-à-dire améliorer une caractéristique, tout en en préservant d'autres.

# Principes d'innovation

Les 40 principes 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.

## 1-1) Segmentation

- Diviser un objet en parties indépendantes
- Réaliser un objet démontable (faciliter le démontage)
- Accroître le degré de segmentation (fragmentation)

## 2-2) 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

## 3-3) 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)

## 4-4) Asymétrie

- Remplacer la forme symétrique d'un objet en une forme asymétrique
- Si l'objet est déjà asymétrique, renforcer son asymétrie

## 5-5) 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

## 6-6) Multifonctions

- Rendre apte une partie de l'objet à réaliser plusieurs fonctions pour remplacer les fonctions des autres parties de l'objet

## 7-7) 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

## 8-8) 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...)

## 9-9) 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-A) 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-B) Protection préalable**

- Compenser le manque de fiabilité relative d'un objet par des mesures préventives

### **12-C) Equipotentiel**

- Conditions de travail pour éviter de devoir lever ou baisser un objet dans le champ gravitationnel

### **13-D) 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-E) 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-F) 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 processus) rigide ou non flexible

### **16-G) 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-H) 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-I) 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-J) 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-K) 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-L) Vitesse élevée**

- Conduire le procédé ou certaines de ses étapes (celles néfastes, dangereuses, hasardeuses) à grande vitesse

### **22-M) 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-N) 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-O) 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-P) 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-Q) 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-R) 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-S) 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-T) 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-U) 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-V) 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-W) 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-X) Homogénéité**

- Utiliser le même matériau pour les objets interagissant avec un objet donné (ou des matériaux ayant des propriétés similaires ou proches)

**34-Y) 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-Z) 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-a) Phase de transition**

- Utiliser les phénomènes liés aux changements de phase : changement de volume, création ou perte de chaleur...

**37-b) 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-c) 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-d) Élément inerte**

- Remplacer l'environnement normal par un environnement inerte, réaliser le processus sous vide
- Ajouter des éléments neutres ou des additifs inertes

**40-e) Composites**

- Remplacer les matériaux homogènes par des matériaux composites

## Matrice des contradictions techniques

On sélectionne les « paramètres techniques » en contradiction dans la « matrice des contradictions techniques » ci-après et on applique les « principes d'innovation »



|                       |   | Paramètre dégradé                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|---|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                       |   | 1                                     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | A    | B    | C    | D    | E    | F    | G    | H    | I    | J    | K    |      |
| Paramètre à améliorer | 1 | Masse objet mobile                    |      |      | F8TY |      | THcY |      | T2eS |      | 28Fc | 8Alb | Aabe | AEZe | 1ZJd | SRle | 5YVZ |      | 6T4c | J1W  | ZCYV |      |
|                       | 2 | Masse objet statique                  |      |      |      | A1TZ |      | ZUD2 |      | 5ZE2 |      | 8AJZ | DTAI | DATE | Qd1e | S2AR |      | 2RJ6 | SJWM | JWZ  |      | IJS1 |
|                       | 3 | Longueur objet mobile                 | 8FTY |      |      |      | FH4  |      | 7H4Z |      | D48  | HA4  | 18Z  | 18AT | 18FY | 8ZTY | J    |      | AFJ  | W    | 8ZO  |      |
|                       | 4 | Longueur objet statique               |      | ZSeT |      |      |      | H7Ae |      | Z82E |      | SA   | 1EZ  | DEF7 | dbZ  | FESQ |      | 1AZ  | 3Zcl | 3P   |      |      |
|                       | 5 | Surface objet mobile                  | 2HT4 |      | EFI4 |      |      |      | 7EH4 |      | TU4Y | JUZ2 | AFaS | 5YT4 | B2Dd | 3FeE | 63   |      | 2FG  | FWJD | JW   |      |
|                       | 6 | Surface objet statique                |      | U2EI |      | Q79d |      |      |      |      |      | 1IZa | AFab |      | 2c   | e    |      | 2AJU | Zdc  |      |      |      |
|                       | 7 | Volume objet mobile                   | 2QTe |      | 174Z |      | 174H |      |      |      | T4cY | FZab | 6Zab | 1FT4 | SA1d | 9EF7 | 6Z4  |      | YdAl | 2DA  | Z    |      |
|                       | 8 | Volume objet statique                 |      | ZAjE | JE   | Z82E |      |      |      |      |      | 2lb  | OZ   | 72Z  | YSZe | 9EHF |      | ZYc  | Z64  |      |      |      |
|                       | 9 | Vitesse                               | 2SDc |      | DE8  |      | TUY  |      | 7TY  |      |      | DSFj | 6Ice | ZFIY | SX1I | 83QE | 3JZ5 |      | SUa2 | ADJ  | 8FZc |      |
|                       | A | Force                                 | 81bl | ID1S | HJ9a | SA   | JAF  | 1lab | F9Cb | 2alb | DSFC |      | ILB  | AZeY | ZAL  | ZAER | J2   |      | ZAL  |      | JHA  | 1Gab |
|                       | B | Tension, pression                     | Aabe | DTAI | ZAa  | Z1EG | AFaS | AFab | 6ZA  | ZO   | 6Za  | aZL  |      | Z4FA | ZX2e | 9I3e | J3R  |      | Zdj2 |      | EOAb |      |
|                       | C | Forme                                 | 8ATe | FAQ3 | TY54 | DEA7 | 5Y4A |      | E4FM | 72Z  | ZFYI | ZAbe | YFAE |      | X1I4 | UEAe | EQ9P |      | MEJW | DFW  | 26YE |      |
|                       | D | Stabilité                             | LZ2d | Qd1e | DF1S | b    | 2BD  | d    | SAjd | YSZe | XFSI | AZLG | 2Ze  | M1I4 |      | H9F  | DRAZ | d3ZN | Z1W  | W3RG | DJ   | R4TI |
|                       | E | Résistance                            | 18eF | eQR1 | 1F8Z | FESQ | 3YeT | 9eS  | AFE7 | 9EHF | 8DQE | AI3E | A3le | AUZe | DHZ  |      | R3Q  |      | UAe  | ZJ   | JZA  | Z    |
|                       | F | Durabilité objet mobile               | J5YV |      | 2J9  |      | 3HJ  |      | A2JU |      | 3Z5  | J2G  | J3R  | EQSP | D3Z  | R3A  |      |      | JZd  | 2J4Z | S6ZI |      |
|                       | G | Durabilité objet statique             |      | 6RJG |      | 1eZ  |      |      |      | ZYc  |      |      |      |      | d3ZN |      |      |      | Jlae |      |      |      |
|                       | H | Température                           | aM6c | MZW  | FJ9  | FJ9  | 3Zdl | Zc   | Ydel | Z64  | 2SaU | ZA3L | Zdj2 | EMJW | 1ZW  | AUMe | JDd  | Jlae |      | WULG | JF3H |      |
|                       | I | Brillance                             | J1W  | 2ZW  | JWG  |      | JWQ  |      | 2DA  |      | ADJ  | QJ6  |      | WU   | W3R  | ZJ   | 2J6  |      | WZJ  |      | W1J  | WZ1F |
|                       | J | Énergie dépensée par l'objet immobile | CISV |      | CS   |      | FJP  |      | ZDI  |      | 8ZZ  | GQL2 | NEP  | C2T  | JDHO | 5J9Z | SZ6I |      | JO3E | 2FJ  |      |      |
|                       | K | Énergie dépensée par l'objet mobile   |      | J96R |      |      |      |      |      |      |      | ab   |      |      | R4TI | Z    |      |      |      | J2ZW |      |      |
|                       | L | Puissance                             | 8acV | JQHR | 1AZb |      | Jc   | HWDc | Z6c  | U6P  | FZ2  | Q2aZ | MAZ  | TE2e | ZWfV | QAS  | JZAc | G    | 2EHP | G6J  | G6Jb |      |
|                       | M | Perte d'énergie                       | F6JS | J6I9 | 726D | 6c7  | FQHU | H7UI | 7IN  | 7    | GZc  | ac   |      |      | E2d6 | Q    |      |      | Jc7  | 1DWF |      |      |
|                       | N | Perte de substance                    | Z6Ne | Z6MW | ETAd | ASO  | Z2AV | AIdV | 1TUa | 3dlV | ADSc | EFle | 3abA | TZ35 | 2EUe | ZSVe | SR3I | RGlC | LadV | 16D  | ZIO5 | SRCV |
|                       | O | Perte d'information                   | AOZ  | AZ5  | 1Q   | Q    | UQ   | UG   |      | 2M   | QW   |      |      |      |      |      | A    | A    |      | J    |      |      |
|                       | P | Perte de temps                        | AKbZ | AKQ5 | F2T  | UOE5 | Q45G | AZH4 | 25YA | ZGWI |      | Aba5 | ba4  | 4AYH | Z3M5 | T3SI | KASI | SKAG | ZTLI | 1JQH | ZcJl | 1    |
|                       | Q | Quantité de substance                 | Z6IV | RQIZ | TEZI |      | FET  | 2Ie4 | FKT  |      | ZTYS | ZE3  | AaE3 | ZE   | F2He | EZYA | 3ZAe | 3ZV  | 3Hd  |      | YTGI | 3ZV  |
|                       | R | Fiabilité                             | 38Ae | 3A8S | F9E4 | FTSB | HAEG | WZe4 | 3AEO | 2ZO  | LZBS | 8SA3 | AOZJ | Z1GB |      | BS   | 2Z3P | YR6e | 3ZA  | BWD  | LBRJ | aN   |
|                       | S | Précision de mesurage                 | WZQS | SZPQ | SQ5G | WS3G | QSW3 | QSW3 | WD6  |      | SDWO | W2   | 6SW  | 6SW  | WZD  | S6W  | S6W  | AQO  | 6JSO | 61W  | 36W  |      |
|                       | T | Précision de fabrication              | SWDI | SZR9 | ASTb | 2WA  | SXTW | 2Tla | WN2  | PAZ  | ASW  | SJYa | 3Z   | WUe  | UI   | 3R   | 3Re  |      | JQ   | 3W   | W2   |      |
|                       | U | fact. néfastes à l'objet              | MLRd | 2MDO | H1d4 | 1I   | M1XS | R2dZ | MNbZ | YdjR | LMZS | DZdl | M2b  | M13Z | ZOUI | IZb1 | MFXS | H1eX | MXZ2 | 1JWD | 1O6R | A2Mb |
|                       | V | fact. néfastes induits                | JMFd | ZM1d | HFGM |      | H2Id | M1e  | H2e  | UIZ4 | ZS3N | ZS1e | 2XRI | Z1   | ZeRd | FZM2 | FMXV | LdGM | MZ2O | JOdW | 2Z6  | JMI  |
|                       | W | Facilité de réalisation               | STFG | 1RaD | 1TDH | FHR  | D1QC | Ge   | DT1e | Z    | ZD81 | ZC   | ZJ1b | 1SDR | BD1  | 13AW | R14  | ZG   | RQI  | SOR1 | SQR1 | 14   |
|                       | X | Facilité d'utilisation                | P2DF | 6D1P | 1HDC |      | 1HDG | IGFd | 1GZF | 4IdV | IDY  | SDZ  | 2WC  | FYTS | WZU  | We3S | T38P | 1GP  | QRD  | DH1O | 1DO  |      |
|                       | Y | Réparabilité                          | 2RZB | 2RZB | 1SAP | 3IV  | FDW  | GP   | P2ZB | 1    | Y9   | 1BA  | D    | 1D24 | 2Z   | B129 | BTSR | 1    | 4A   | F1D  | F1SG |      |
|                       | Z | Adaptabilité                          | 16F8 | JFTG | Z1T2 | 1ZG  | ZUT7 | FG   | FZT  |      | ZAE  | FHK  | ZG   | Fb18 | ZUE  | Z3W6 | D1Z  | 2G   | R23Z | 6MQ1 | JZTD |      |
|                       | a | Complexité du produit                 | QUYa | 2QZd | 1JQO | Q    | E1DG | 6a   | YQ6  | 1G   | YAS  | QG   | J1Z  | TDSF | 2MHJ | 2DS  | A4SF |      | 2HD  | OHD  | R2TS |      |
|                       | b | Complexité de pilotage                | RQSD | 6DS1 | GHQO | Q    | 2DIH | 2dUG | T14G | 2IQV | 34GZ | USej | ZabW | RD1d | BMdU | R3FS | JTdP | PY6Z | 3RZG | 2OQ  | Zc   | JZG  |
|                       | c | Degré d'automatisation                | SQIZ | SQZA | EDHS | N    | HED  |      | ZDG  |      | SA   | 2Z   | DZ   | FW1D | Il   | PD   | 69   |      | Q2J  | 8WJ  | 2WD  |      |
|                       | d | Productivité                          | ZQOb | SRF3 | I4Sc | U7EQ | AQYV | AZH7 | 26YA | ZbA2 |      | SFAa | AbE  | EAYe | Z3Md | TSAI | ZA2I | KAGc | ZLSA | QHJ1 | ZAcj | 1    |



|                       |   | Paramètre dégradé                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|---|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                       |   | L                                     | M    | N    | O    | P    | Q    | R    | S    | T    | U    | V    | W    | X    | Y    | Z    | a    | b    | c    | d    |      |
| Paramètre à améliorer | 1 | Masse objet mobile                    | CaIV | 62YJ | 5Z3V | AOZ  | AZKS | 3QIV | 13BR | SRZQ | SZQI | MLIR | MZVd | RS1a | Z32O | 2RSB | T5F8 | QUaY | STQW | QZIJ | Z3Ob |
|                       | 2 | Masse objet statique                  | FJIM | IJSF | 58DU | AFZ  | AKZQ | J6IQ | AS83 | IQS  | A1ZH | 2JMb | ZM1d | S19  | 6D1W | 2RSB | JFT  | 1AQd | PSHF | 2QZ  | 1SFZ |
|                       | 3 | Longueur objet mobile                 | 1Z   | 72Zd | 4TNA | 1O   | F2T  | TZ   | AETe | SW4  | ASTb | 1FHO | HF   | 1TH  | FTZ4 | 1SA  | EF1G | 1JQO | Z1QO | HOQG | E4ST |
|                       | 4 | Longueur objet statique               | C8   | 6S   | ASOZ | OQ   | UTE  |      | FTS  | WS3  | 2WA  | 1I   |      | FHR  | 2P   | 3    | 1Z   | 1Q   | Q    |      | UE7Q |
|                       | 5 | Surface objet mobile                  | JAWI | FHUQ | AZ2d | UQ   | Q4   | TU6D | T9   | QSW3 | 2W   | MXS1 | H2Id | D1QO | FHDG | FDA1 | FU   | E1D  | 2aQI | EUSN | AQY2 |
|                       | 6 | Surface objet statique                | HW   | H7U  | AEId | UG   | AZ4I | 2Ie4 | WZe4 | QSW3 | 2Tla | R2dZ | M1e  | eG   | G4   | G    | FG   | 1Ia  | 2ZUI | N    | AFH7 |
|                       | 7 | Volume objet mobile                   | Z6DI | 7FDG | adYA | 2M   | 26YA | TU7  | E1eB | PQS  | PS2G | MLRZ | H2e1 | T1e  | FDUC | A    | FT   | Q1   | TQ4  | ZYGO | A62Y |
|                       | 8 | Volume objet statique                 | U6   |      | AdZY |      | ZGWI | Z3   | 2ZG  |      | ZAP  | YdjR | UIZ4 | Z    |      | 1    |      | 1V   | 2HQ  |      | ZbA2 |
|                       | 9 | Vitesse                               | JZc2 | EKJZ | ADSc | DQ   |      | AJTc | BZRS | SW1O | ASWP | 1SZN | 2OZL | ZD81 | WSDC | Y2SR | FAQ  | AS4Y | 3YRG | AI   |      |
|                       | A | Force                                 | JZlb | EF   | 8Ze5 |      | Aba  | ETIa | 3ZDL | ZANO | STba | 1Zel | D3aO | Fbl1 | 1S3P | F1B  | FHIK | QZAI | abAJ | 2Z   | 3SZb |
|                       | B | Tension, pression                     | AZE  | 2aP  | Aa3b |      | ba4  | AEa  | ADJZ | 6SP  | 3Z   | M2b  | 2XRI | 1ZG  | B    | 2    | Z    | J1Z  | 2ab  | ZO   | AEZb |
|                       | C | Forme                                 | 462  | E    | ZT35 |      | EAYH | aM   | AeG  | SW1  | WUe  | M12Z | Z1   | 1WHS | WFQ  | 2D1  | 1FT  | GT1S | FDd  | F1W  | HQYA |
|                       | D | Stabilité                             | WZRV | E2d6 | 2EUe |      | ZR   | FWZ  |      | D    | I    | ZOUI | ZeRd | ZJ   | WZU  | 2ZAG | ZUY2 | 2ZMQ | ZMdN | 18Z  | NZe3 |
|                       | E | Résistance                            | AQZS | Z    | ZSVe |      | T3SA | TAR  | B3   | 3RG  | 3R   | IZb1 | FZM2 | B3AW | WeP2 | RB3  | F3W  | 2DPS | R3Fe | F    | TZAE |
|                       | F | Durabilité objet mobile               | JAZc |      | SR3I | A    | KASI | 3ZAe | B2D  | 3    | 3RGe | MXFS | LdGM | R14  | CR   | TAR  | 1ZD  | A4TF | JTdZ | 6A   | ZHEJ |
|                       | G | Durabilité objet statique             | G    |      | RGlc | A    | SKAG | 3ZV  | YR6e | AQO  |      | H1eX | M    | ZA   | 1    | 1    | 2    |      | PY6Z | 1    | KAGc |
|                       | H | Température                           | 2EHP | LHZc | LaTV |      | ZSLI | 3Hud | JZ3A | WJO  | O    | MXZ2 | MZ2O | QR   | QR   | 4AG  | 2IR  | 2HG  | 3RZV | Q2JG | FSZ  |
|                       | I | Brillance                             | W    | DG16 | D1   | 16   | J1QH | 1J   |      | BFW  | 3W   | FJ   | ZJWd | JZSQ | SQJ  | FHDG | F1J  | 6WD  | WF   | 2QA  | 2PG  |
|                       | J | Energie dépensée par l'objet immobile | 6jbl | CMFO | ZOI5 |      | ZcJl | YNGI | JLBR | 31W  |      | 1Z6R | 2Z6  | SQU  | JZ   | 1FHS | FHDG | 2TRS | Zc   | W2   | CSZ  |
|                       | K | Energie dépensée par l'objet mobile   |      |      | SRIV |      |      | 3ZV  | AaN  |      |      | A2Mb | JMI  | 14   |      |      |      |      | JZGP |      | 16   |
|                       | L | Puissance                             |      | AZc  | SRlc | AJ   | ZKA6 | 4YJ  | JOQV | WF2  | W2   | JMV2 | 2ZI  | QAY  | QZA  | Z2AY | JHY  | KJUY | JZG  | S2H  | SZY  |
|                       | M | Perte d'énergie                       | 3c   |      | ZR2b | JA   | AIW7 | 7IP  | BAZ  | W    |      | LMZ2 | LZ2M |      | ZW1  | 2J   |      | 7N   | Z3FN | 2    | SATZ |
|                       | N | Perte de substance                    | SRlc | ZR2V |      |      | FIZA | 63AO | ATdZ | GYVS | ZAOV | XMUe | A1YT | FYX  | WS2O | 2ZYR | FA2  | ZASO | ZIAD | ZAI  | SZAN |
|                       | O | Perte d'information                   | AJ   | JA   |      |      | OQSW | OSZ  | ASN  |      |      | MA1  | ALM  | W    | RM   |      |      |      | ZX   | Z    | DNF  |
|                       | P | Perte de temps                        | ZKA6 | A5IW | ZIAd | OQSW |      | ZcIG | AU4  | OYSW | OQSI | ZIY  | ZMId | ZSY4 | 4SAY | W1A  | ZS   | 6T   | ISWA | OSZU |      |
|                       | Q | Quantité de substance                 | Z    | 7IP  | 63AO | OSZ  | ZcIG |      | I3Se | D2S  | XU   | ZXTV | 3Zed | T1ZR | ZTPA | 2WAP | F3T  | 3DRA | 3RTI | 8Z   | DT3R |
|                       | R | Fiabilité                             | LBQV | ABZ  | AZTd | AS   | AU4  | LSe3 |      | W3BN | BW1  | RZ2e | Z2eQ |      | RHe  | 1B   | DZ8O | DZ1  | ReS  | BDR  | 1ZTc |
|                       | S | Précision de mesurage                 | 36W  | QWR  | AGVS |      | OYSW | 26W  | 5B1N |      |      | SOMQ | 3XdA | 6ZPI | 1DHY | 1WDB | DZ2  | RZAY | QOWS | S2AY | AYSW |
|                       | T | Précision de fabrication              | W2   | DW2  | ZVAO |      | WQSI | WU   | BW1  |      |      | QSAa | 4HYQ |      | 1WZN | PA   |      | Q2I  |      | QSIN | AIWd |
|                       | U | fact. néfastes à l'objet              | JMV2 | LMZ2 | XMJe | MA2  | ZIY  | ZXTV | RO2e | SXNQ | QSAI |      |      | OZ2  | 2PSd | ZA2  | ZBMV | MJTe | MJTe | X3Y  | MZDO |
|                       | V | fact. néfastes induits                | 2ZI  | LZ2M | A1Y  | ALT  | 1M   | 3Od1 | O2ed | 3XQ  | 4HYQ |      |      |      |      |      |      | J1V  | 2LR1 | 2    | MZId |
|                       | W | Facilité de réalisation               | R1CO | JZ   | FYX  | WOIG | ZSY4 | ZN1O |      | 1ZCI |      | O2   |      |      | 25DG | Z1B9 | 2DF  | RQ1  | 6SB1 | 8S1  | Z1AS |
|                       | X | Facilité d'utilisation                | ZY2A | 2JD  | SW2O | 4ARM | 4SAY | CZ   | HR8e | PD2Y | 1WZN | 2PSd |      | 25C  |      | CQ1W | FY1G | WQCH |      | 1YC3 | F1S  |
|                       | Y | Réparabilité                          | FAW2 | F1WJ | 2ZYR |      | W1AP | 2SAP | BA1G | A2D  | PA   | ZA2G |      | 1ZBA | 1CQF |      | 714G | Z1DB |      | YZ7D | 1WA  |
|                       | Z | Adaptabilité                          | J1T  | IF1  | FA2D |      | ZS   | 3ZF  | ZD8O | Z51A |      | ZBWV |      | 1DV  | FY1G | 1G74 |      | FTbS | 1    | RYZ  | ZS6b |
|                       | a | Complexité du produit                 | KJUY | AZD2 | ZAST |      | 6T   | D3RA | DZ1  | 2QAY | QOW  | MJTe | J1   | RQ1D | R9QO | 1D   | TFSb |      | FAbS | F1O  | CHS  |
|                       | b | Complexité de pilotage                | I1GA | Z3FJ | 1IAO | ZXRM | ISW9 | 3RTI | ReS8 | QOWS |      | MJTS | 2L   | 5SBT | 25   | CQ   | 1F   | FAbS |      | YL   | ZI   |
|                       | c | Degré d'automatisation                | S2R  | NS   | ZAI5 | ZX   | OSZU | ZD   | BRW  | SQAY | SQIN | 2X   | 2    | 1QD  | 1CY3 | 1ZD  | R41Z | FOA  | YRP  |      | 5CZQ |
|                       | d | Productivité                          | ZKA  | SATZ | SAZN | DFN  |      | Zc   | 1ZAc | 1AYS | IAW1 | MZDO | ZMId | ZS2O | 1S7A | 1WAP | 1ZSb | CHSO | ZIR2 | 5CZQ |      |

# 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 physico-chimique

L'identification de la contradiction physique est parfois difficile mais doit concerner un paramètre pour lequel il serait souhaitable qu'il prenne à la fois deux valeurs antinomiques (grand et petit, haut et bas, chaud et froid, tendu et relâché...)

## Autres Outils de TRIZ

Il existe d'autres outils que nous ne traitons pas ici.

## Critiques de TRIZ

TRIZ ne prend pas en compte explicitement les ruptures technologiques ultérieures telles que les biotechnologies, la génétique ou l'informatique.

NDLR : Essentiellement intéressé par les aspects mécaniques, nous nous contenterons de ces limites.