



5. Techniques pour Résoudre des Contradictions/Ressources/Effets

5.1 – Définition des Contradictions

Définition

Une contradiction signifie littéralement dire « Non », mais se réfère plus généralement à la proposition qui affirme des choses apparemment incompatibles ou opposées.



Théorie

TRIZ peut être résumé comme le résultat d'une énorme étude empirique et peut être présenté comme trois postulats principaux – un de ces postulats affirme l'importance des « contradictions » dans le domaine de la résolution de problèmes et de l'invention. Ces trois postulats sont :

- (1) l'existence d'une série de lois d'évolution ;
- (2) le concept de contradiction comme la barrière-clé limitant l'évolution d'un système jusqu'à ce qu'une invention apparaisse ;
- (3) le concept de situation spécifique qui détermine les conditions et les ressources spécifiques impactant l'évolution d'un système technique.

D'après TRIZ, la résolution inventive la plus efficace d'un problème est celle qui surmonte certaines contradictions.

Méthode

Une contradiction montre où (dans TRIZ, ce que l'on appelle la zone opérationnelle) et quand (dans TRIZ, ce que l'on appelle le temps opérationnel) un conflit apparaît.

Les contradictions surviennent lorsque l'amélioration d'un paramètre ou d'une caractéristique d'une technique a un impact négatif sur les mêmes ou sur d'autres caractéristiques ou paramètres de cette technique.



Exemples

La présence de contradictions/dialectiques peut être observée dans différents domaines :

- Mathématiques : plus et moins, différentiel et intégral.
- Physique : Action et réaction mécanique, charges électriques positives et négatives.
- Chimie : combinaison et dissociation d'atomes.



5.1.1 – Types de Contradictions

Définition

Altshuller et ses disciples distinguent les trois types de contradictions suivants :

- Contradiction Administrative – quand il est nécessaire de faire quelque chose, mais nous ne savons pas comment le faire.
- Contradiction Technique – lorsque nous améliorons une partie (un paramètre d'évaluation) du système technique grâce à des méthodes connues, mais que cela entraîne la détérioration d'une autre partie (un autre paramètre d'évaluation) du système technique.
- Contradiction Physique – lorsque nous imposons au même paramètre de contrôle du système des exigences qui s'opposent mutuellement

D'autres définitions de ces trois types sont données dans les paragraphes suivants.



Théorie

D'après Altshuller, une situation inventive cache typiquement un certain nombre de contradictions.

Identifier les contradictions qui empêchent l'obtention du Résultat le Plus Désirable est la première étape pour passer d'une situation inventive au début de la résolution du problème.

Généralement, une formulation réussie de la contradiction physique révèle le noyau du problème.

Lorsque la contradiction est intensifiée à l'extrême, la solution au problème est souvent évidente.

Méthode

Voir Chapitre 2 « Techniques pour résoudre une Contradiction Technique » & Chapitre 3 « Techniques pour résoudre une Contradiction Physique ».

Exemples

Contradiction Administrative :

Il est nécessaire de détecter le nombre de petites particules dans un liquide avec une qualité optique très élevée.

Les particules ne reflètent pas bien la lumière, même lorsque nous utilisons un laser.

Que pouvons-nous faire ?

Contradiction Technique :

Si les particules sont très petites, le liquide reste pur du point de vue optique, MAIS les particules sont invisibles.

OU si les particules sont très grandes, elles sont détectées MAIS le liquide n'est pas pur du point de vue optique.

Contradiction Physique :

La taille des particules doit être augmentée pour qu'elles puissent être vues MAIS PAS augmentée pour conserver la pureté optique du liquide.



5.1.1.1 – Contradiction Administrative

Définition

La Contradiction Administrative affirme qu'il y a un problème dont la solution est inconnue.

Modèle

Quelque chose est nécessaire pour obtenir ou recevoir un résultat pour éviter le phénomène indésirable, mais on ne sait pas comment obtenir ce résultat.

Exemple

Nous voulons augmenter le niveau de qualité de la production et réduire les coûts de la matière première.

Un problème de ce type requiert une situation inventive.

La contradiction administrative elle-même est provisoire, n'a pas de valeur heuristique et n'indique aucune direction pour la solution.

Note

La plupart des utilisateurs de TRIZ ignorent complètement la Contradiction Administrative en raison de son manque de signification tangible.



5.1.1.2 – Contradiction Technique

Définition

Une contradiction technique apparaît lorsque deux Paramètres d'Évaluation différents sont en conflit l'un avec l'autre.

Un Paramètre d'Évaluation représente le domaine désiré des solutions.

Les Paramètres d'Évaluation et leurs valeurs requises définissent l'objectif des résolutions.

Cela signifie que ces paramètres représentent ce que le client ou le propriétaire du problème attendent de la solution. Il peut s'agir d'une meilleure performance, d'une utilisation accrue des ressources, d'un nombre réduit d'effets néfastes (voir modèle OTSM d'une contradiction).



Théorie

La contradiction technique représente un conflit entre deux « sous-systèmes » ou entre un sous-système et l'environnement externe.

De telles contradictions techniques apparaissent si :

- Créer ou intensifier la fonction utile dans un sous-système crée une nouvelle fonction nocive ou intensifie une fonction nocive existante dans un autre sous-système (ou dans l'environnement) ;
- Éliminer ou réduire la fonction nocive dans un sous-système détériore la fonction utile dans un autre sous-système ;
- Intensifier la fonction utile ou réduire la fonction nocive dans un sous-système entraîne la complication inacceptable d'autres sous-systèmes ou de la technique dans son ensemble. Ou « juste » une consommation inacceptable de ressources.

Modèle

Il y a différents modèles pour définir une contradiction technique :

- Le modèle OTSM d'une contradiction (décrit ci-dessous dans la section sur la Contradiction Physique) ;
- Une action est simultanément utile et nocive ;
- Une action entraîne des fonctions utiles et nocives ;
- L'introduction de l'action utile ou la récession de l'effet néfaste provoque la détérioration de certains sous-systèmes ou de tout le système.

Méthode

Voir Chapitre 2 « Techniques de Résolution d'une Contradiction Technique ».

Exemple

Lorsqu'un conteneur devient plus solide, il devient plus lourd.

Nous voulons une grande résistance et un poids léger.

Nous voulons augmenter la profondeur de pénétration d'ions dans un semi-conducteur et réduire la puissance électrique (source énergétique) nécessaire au fonctionnement de l'implanteur d'ions.



5.1.1.3 – Contradiction Physique

Définition

Une contradiction physique définit une situation dans laquelle des valeurs d'un « Paramètre de Contrôle » sont en conflit.

Les Paramètres de Contrôle ont un impact sur le système et représentent donc le domaine possible des variables. Les Paramètres de Contrôle et leurs valeurs définissent les moyens d'agir sur un problème.

Cela signifie que ces paramètres représentent ce que nous sommes capables de changer au sein du système.



Théorie

De telles contradictions physiques apparaissent si :

- Intensifier la fonction utile dans un sous-système intensifie simultanément la fonction nocive existante dans le même sous-système clé ;
- Réduire la fonction nocive dans un sous-système réduit simultanément la fonction utile dans le même sous-système clé ;
- Cela peut également être utile contre une autre fonction utile ou néfaste contre une autre fonction néfaste, etc. ;

Voir également « Le modèle OTSM d'une contradiction ».

Modèle

- Voir « Le modèle OTSM d'une contradiction » (décrit ci-dessous).
- Un sous-système donné (élément) doit avoir la propriété A pour exécuter une fonction et la propriété non-A ou anti-A pour satisfaire la condition d'un problème.
- Une contradiction physique implique des exigences contradictoires envers la condition physique du même sous-système (élément) d'un système technique.

Méthode

Voir Chapitre 3 « Techniques de Résolution d'une Contradiction Physique ».

Exemple

Nous voulons un poids élevé et un poids faible.

Nous voulons que l'isolateur dans les puces semi-conductrices ait une constante diélectrique k basse afin de réduire les capacités parasites – et nous voulons que cet isolateur ait une constante diélectrique k élevée afin de mieux stocker l'information.



5.1.1.4 – TRIZ & Les Contradictions Techniques & Physiques

Définition

TRIZ soutient que les solutions inventives éliminent les contradictions plutôt qu'elles ne recherchent des compromis et qu'il y a une série définie de principes inventifs qui aident à éliminer de telles contradictions.

Altshuller a découvert que non seulement il est possible de résoudre des contradictions, mais qu'il y a un nombre limité de moyens de les résoudre.

Les solutions d'ingénierie sont généralement découvertes en cherchant la réponse « au hasard » (résolution de problème par la méthode essais et erreurs) ou en utilisant les connaissances et les analogies personnelles. TRIZ propose un processus systématique basé sur le concept de l'abstraction grâce auquel le développeur dresse la carte d'un problème spécifique dans un cadre générique, cadre qui produit une solution générique à retraduire ensuite en solution spécifique.

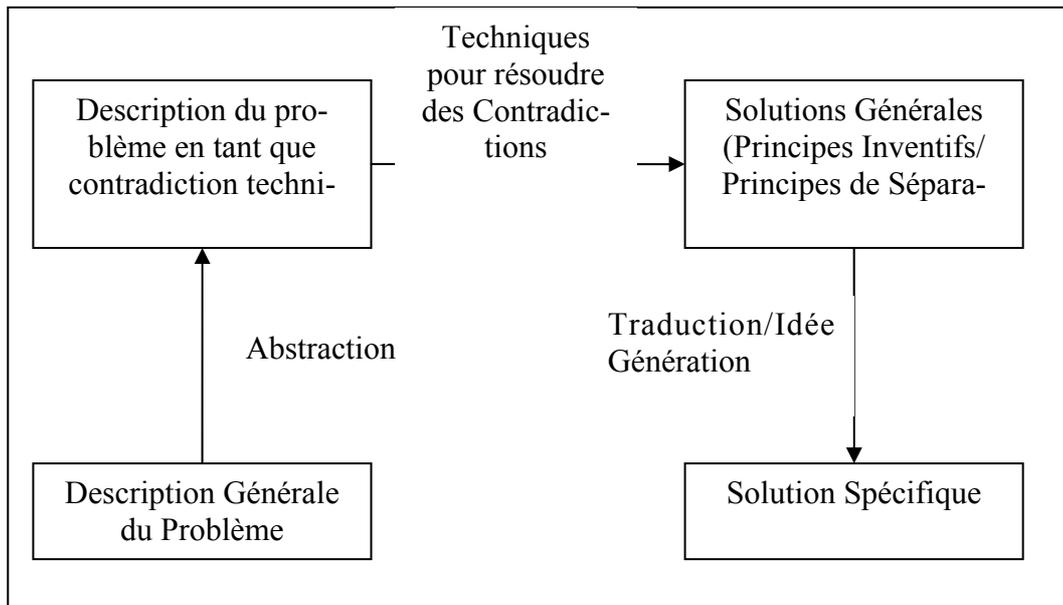
Identifier, comprendre et résoudre les contradictions dans un système est une façon puissante d'améliorer ce système. La manière d'identifier **et de résoudre des contradictions techniques et physiques** dans un système sera décrite ci-dessous.

Théorie & Modèle

Le modèle « Montagne » illustre parfaitement les étapes globales du processus d'application :

- Description générale du problème ;
- Abstraction du problème – définition du problème en tant que contradiction technique ou physique ;
- Application des techniques TRIZ pour résoudre les contradictions (techniques ou physiques) – solutions générales ;
- Génération d'idées pour des solutions spécifiques à des problèmes spécifiques.





Méthode

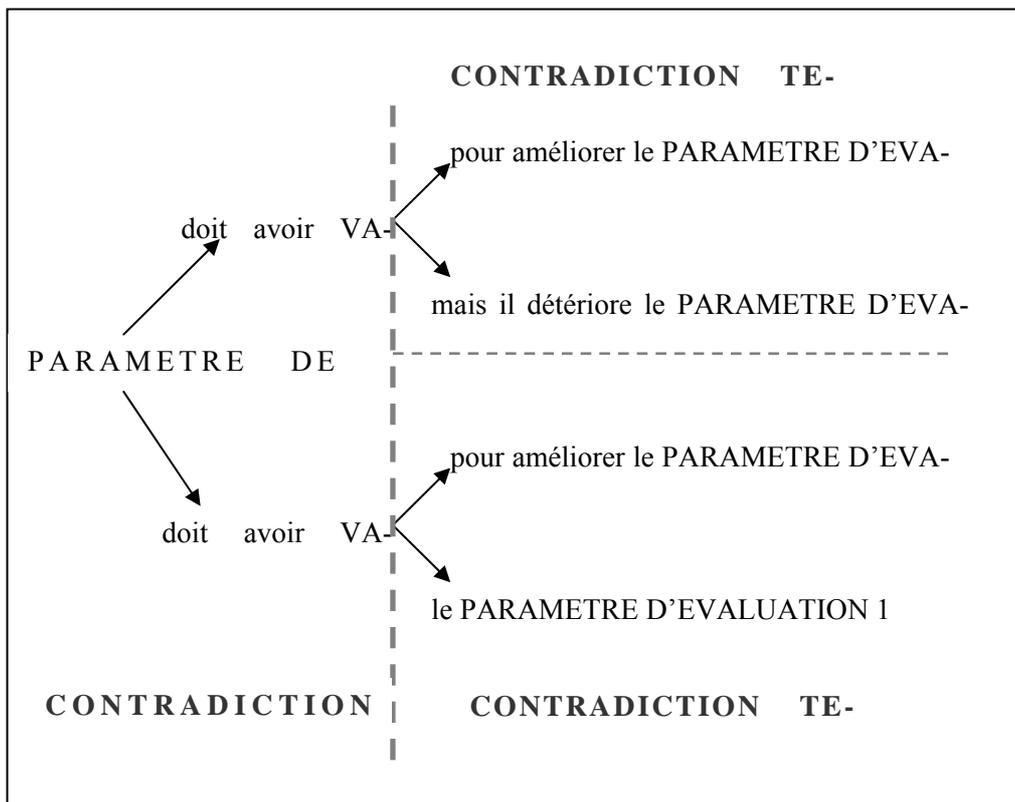
Voir Chapitres 2 & 3

5.1.1.5 Le modèle OTSM d'une contradiction :

Ce système de contradictions est basé sur l'existence d'une contradiction physique et de deux contradictions techniques. Ces contradictions techniques justifient le besoin de deux états différents de la contradiction physique.

Les deux contradictions techniques sont complémentaires car elles correspondent à l'augmentation du premier paramètre d'évaluation qui implique la diminution du second paramètre d'évaluation, et à l'augmentation du second qui implique la diminution du premier.

Les deux paramètres d'évaluation des contradictions techniques sont considérés comme prenant part à la description de l'objectif, alors que le paramètre de contrôle de la contradiction physique est un moyen servant à faire changer la situation.



La représentation graphique du modèle OTSM fait apparaître les choses plus clairement.

Nous devons définir / trouver un Paramètre de Contrôle et deux Paramètres d'Évaluation du système.

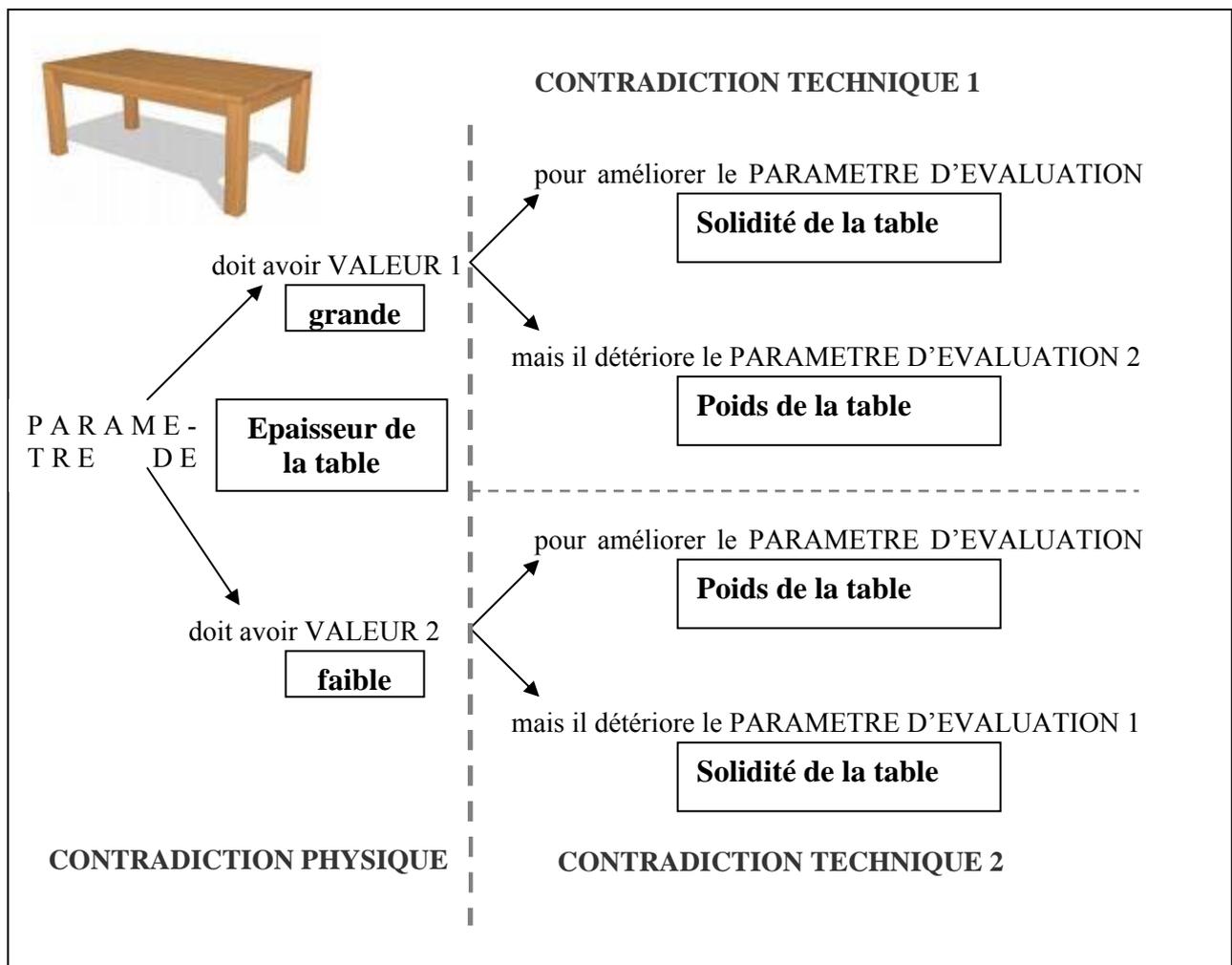
La représentation graphique est un modèle facile à utiliser sur lequel la partie droite comprend deux Contradictions Techniques et la partie gauche une Contradiction Physique.

Modèle :

Un certain Paramètre de Contrôle doit avoir une Valeur 1 pour améliorer un certain Paramètre d'Évaluation 1, mais cela détériore un certain Paramètre d'Évaluation 2 ; et le Paramètre de Contrôle doit avoir une Valeur 2 pour améliorer un certain Paramètre d'Évaluation 2, mais cela détériore un certain Paramètre d'Évaluation 1.

Il est clair que V1 et V2 peuvent également présenter des valeurs extrêmement opposées comme « présent / absent » ou « vrai / faux ».

Exemple de Contradictions – le Modèle OTSM



Contradiction Technique 1 : Nous voulons améliorer la solidité de la table. Mais dans ce cas, généralement, le poids de la table se détériore ;

Contradiction Technique 2 : Si nous améliorons le poids (rendons la table plus légère) la solidité se détériore.

tETRIS

Nous pouvons donc définir deux Paramètres d'Évaluation :

- PE1 : solidité de la table ;
- PE2 : poids de la table.

L'étape suivante est de chercher un Paramètre de Contrôle : épaisseur de la table.

La valeur de l'épaisseur peut être « grande » ou « faible »

Si l'épaisseur est grande, alors le niveau de solidité sera élevé (bonne), mais le poids sera également élevé (mauvais).

Si l'épaisseur est petite, alors le poids sera bas (bon), mais le niveau de solidité sera également bas (mauvais).

Nous cherchons donc des solutions pour obtenir une épaisseur « grande » ET « petite » !

5.2. – Techniques de Résolution de Contradictions Techniques

Définition

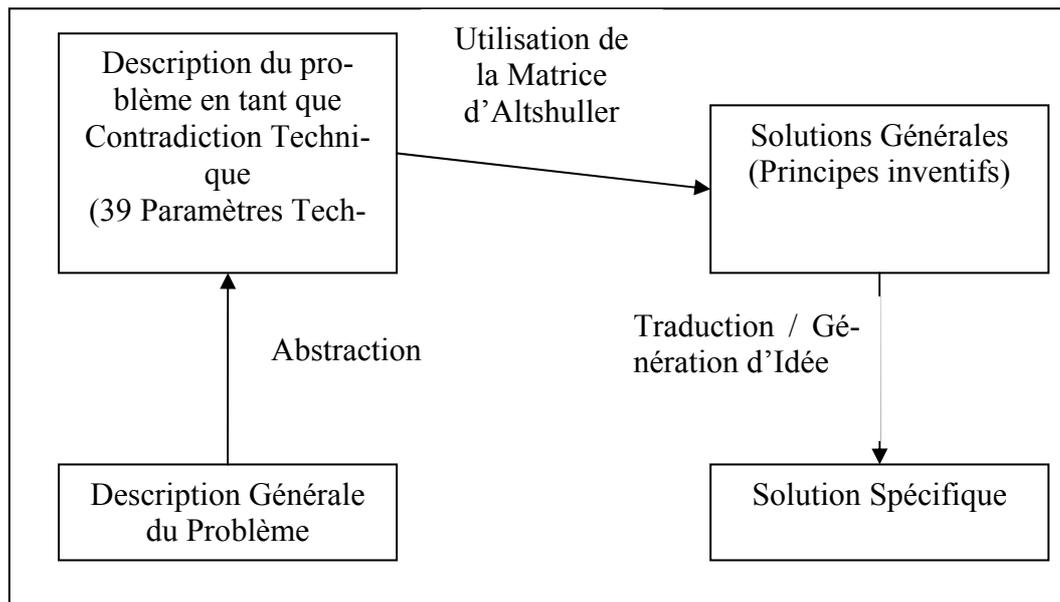
Une Contradiction technique est un conflit entre les caractéristiques d'un système où l'amélioration d'un paramètre entraîne la dégradation d'un autre paramètre.

Altshuller a identifié 40 Principes qui peuvent être utilisés pour éliminer des contradictions techniques. Il a également identifié 39 caractéristiques de Systèmes Techniques – ce que l'on appelle les Paramètres Techniques – pouvant être utilisées pour développer et décrire une contradiction technique.

Structurer le problème sous forme de contradiction est une étape importante dans l'analyse du problème. La formulation de la contradiction technique aide à mieux comprendre la racine du problème et à trouver les bonnes solutions plus rapidement. TRIZ affirme que s'il n'y a pas de contradiction (technique), alors ce n'est pas un problème inventif (voir 2.2.3.1 Description du Problème).



Modèle



Exemple :

Augmenter la puissance d'un moteur (un effet désiré) peut entraîner une augmentation du poids du moteur (un effet négatif).



5.2.1 – Le 40 Principes Inventifs

Définition

Les Principes Inventifs sont un outil très simple de TRIZ permettant de chercher des idées et de résoudre des contradictions techniques.

L'application des 40 Principes Inventifs ne requiert aucune connaissance particulière et enfants ou professionnels peuvent les utiliser.

La Matrice d'Altshuller a été conçue pour formaliser et faciliter l'utilisation de cet outil TRIZ pour l'activité pratique. L'utilisation des Principes Inventifs et de la Matrice d'Altshuller (tableau des contradictions) requiert un certain nombre de compétences pratiques.



Théorie

Genrich S. Altshuller proposa une approche pour le développement de principes inventifs à la fin des années 1950. Il sélectionna les principes forts les plus récurrents en se fondant sur l'analyse d'un grand nombre de brevets. Chacun de ces principes « fonctionnait » efficacement

dans au moins 80 à 100 inventions. Suite à son travail, les 40 Principes d'inventeurs des plus utilisés furent publiés.

Modèle

Les 40 principes inventifs :

1. Segmentation
2. Extraction (extraire, sortir, supprimer, enlever)
3. Qualité Locale
4. Asymétrie
5. Combinaison (fusion)
6. Universalité
7. Inclusion (Matrioshka – Poupée russe)
8. Contrepoids (anti-poids)
9. Action Contraire Préliminaire (Anti-action Préliminaire)
10. Action Préliminaire (Action Préliminaire)
11. Protection Préliminaire (Protection en Avance)
12. Équipotentialité
13. Inversion (« Dans l'autre sens »)
14. Sphéricité (Curvilignes)
15. Dynamisme
16. Action Partielle ou Excessive
17. Transition vers une Nouvelle Dimension (Une Autre Dimension)
18. Vibration Mécanique
19. Action Périodique
20. Continuité d'une Action Utile
21. Grande Vitesse (Sauter)
22. Convertir un Effet Néfaste en Bénéfice (« Bénédiction Déguisée » ou « Transformer les Citrons en Limonade »)
23. Asservissement
24. Médiateur (« Intermédiaire »)
25. Self-service
26. Copie
27. Éphémère et Bon Marché (Objets Éphémères et Bon Marché)
28. Remplacement des Systèmes Mécaniques (Substitution Mécanique)
29. Systèmes pneumatiques et Hydrauliques (Pneumatique et Hydraulique)
30. Membranes Flexibles ou Films Minces (Coques Flexibles et Films Minces)
31. Matériau Poreux
32. Changement de Couleur
33. Homogénéité
34. Rejeter et Régénérer des Pièces (Éliminer et Récupérer)
35. Transformation de Propriétés (Changement de Paramètre)
36. Changement de Phase
37. Dilatation Thermique
38. Oxydation Accélérée (Oxydants Puissances)
39. Environnement Inerte (Atmosphère Inerte)
40. Matériaux Composites

Méthode

Pour chacun des 40 Principes Inventifs, Altshuller et ses collègues fournirent une description détaillée (voir Annexe).

Le modèle de chaque Principe est constitué :

1. d'un titre
2. d'un certain nombre de directives
3. (éventuellement) d'un certain nombre d'exemples.

Principe Inventif 01 – Segmentation

- Diviser un objet en pièces indépendantes.
- Faciliter le désassemblage d'un objet.
- Augmenter le degré de fragmentation ou de segmentation.

Plusieurs descriptions exemplifiées ont été publiées depuis cette époque. En outre, de nombreuses descriptions exemplifiées des Principes Inventifs dans un grand nombre de domaines différents (architecture, biologie, chimie, construction, commerce & management, finance) ont été mises à disposition.

Exemple

Principe 1. Segmentation

A Diviser un objet en pièces indépendantes.

- Remplacer le mainframe par des PC.
- Remplacer un grand camion par un tracteur et une remorque.
- Utiliser un diagramme des tâches pour un grand projet.

B Faciliter le désassemblage d'un objet.

- Meubles modulaires.
- Raccords rapides dans le domaine de la plomberie.

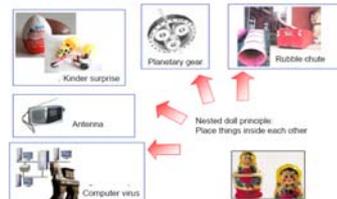
C Augmenter le degré de fragmentation ou de segmentation.

- Remplacer les volets solides par des stores vénitiens.
- Utiliser de la poudre à souder à la place de feuilles ou de tiges pour une meilleure pénétration du raccord.

IP 03 - Local Quality

- Change an object's structure from uniform to non-uniform, change an external environment (or external influence) from uniform to non-uniform.
 - Use a temperature, density, or pressure gradient instead of constant temperature, density or pressure.
- Make each part of an object function in conditions most suitable for its operation.
 - Lunch box with special compartments for hot and cold solid foods and for liquids
- Make each part of an object fulfill a different and useful function.
 - Pencil with eraser
 - Hammer with nail puller
 - Multi-function tool that scales fish, acts as a pliers, a wire stripper, a flat-blade screwdriver, a Philips screwdriver, manicure set, etc.

IP 07- Nested Doll



Exemples TRIZ – Cartes à jouer : (Texte et Illustrations)

Remarque :

Il y a également un lien avec les outils ou solutions standard TRIZ correspondantes (Section 5 – SU Fields et Standards),

Par exemple :

IP1 et IP15 sont liés aux standards correspondants de la classe 2 ;

IP13 est lié au standard 3.1.3;

IP10 et IP13 sont liés à l'opérateur système.

5.2.1.1 – Utilisation des Principes Inventifs

En général, il y a deux méthodes d'application des 40 Principes Inventifs pendant le processus de résolution de problème :

- La méthode la plus simple est ce que nous appelons la familiarisation des principes. Dans ce cas, nous essayons d'appliquer chacun des principes ou une combinaison de plusieurs principes pour résoudre la contradiction technique du problème spécifique. (Remarque : Ceci n'est qu'une suggestion pour faire connaissance avec les principes inventifs car ce n'est pas conforme à l'objectif principal du travail d'Altshuller, à savoir éviter la méthode des essais et erreurs).
- La seconde méthode est la formulation d'une contradiction technique et l'utilisation de la Matrice d'Altshuller pour obtenir une série de principes recommandés pour la résolution de notre problème (voir 2.2).

Une autre suggestion est de parcourir les Principes Inventifs plus strictement liés à la séparation des stratégies d'espace, car ils permettent une vision élargie des potentielles ressources à utiliser (de plus, ils commencent à réduire le niveau de généralisation, de la solution idéale à la solution technique).

Familiarisation/Brainstorming avec les Principes

Méthode

La méthode la plus simple est ce que nous appelons la familiarisation des principes. Dans ce cas, nous essayons de trouver les applications de chacun des principes ou de leurs combinaisons pour voir où ils sont utilisés dans les produits et les processus.

Plus on se familiarise avec ces principes, plus on les voit en action partout autour de nous et on peut les utiliser dans un processus de résolution de problème.



La seconde étape consiste à utiliser les principes et/ou leurs combinaisons comme des mots-clés pour des séances successives de brainstorming. Une suggestion intéressante et utile pour une étape précédente est la définition de ce qu'on appelle « l'espace opérationnel » et le « temps opérationnel », c'est-à-dire où et quand le problème survient exactement.

La Contradiction ou la Matrice d'Altshuller (Voir 2.2 La Matrice d'Altshuller)

Définition

La Matrice de Contradiction était l'un des premiers résultats du travail d'Altshuller et de ses collègues.

Altshuller a extrait et classifié les solutions inventives (Principes Inventifs) et identifié les 39 Paramètres Techniques pouvant décrire toutes les différentes contradictions résolues (voir 2.2.2 Les 39 Paramètres Techniques).

Ces Paramètres Techniques ont été placés dans une matrice 39 x 39 où l'axe x représente le paramètre qui se dégrade dans la contradiction et l'axe y représente celui qui s'améliore.



Modèle

↓ Useful Parameter / Feature to improve / Characteristics to be improved
 → Harmful Parameter / Undesired Result / Characteristic that is getting worse

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|--|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------|----------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------|
| harmful parameter ↑ useful parameter | weight of mobile object | weight of stationary object | length of mobile object | length of stationary object | area of mobile object | area of stationary object | volume of mobile object | volume of stationary object | velocity | force | tension pressure | shape | stability of composition | st-length | durability of mobile object | durability of stationary object | temperature | illumination |
| 1 weight of mobile object | + | - | 15, 8, 25, 34 | - | 29, 17, 38, 34 | - | 29, 2, 40, 28 | - | 15, 3, 15, 38 | 8, 10, 19, 37 | 10, 36, 37, 40 | 10, 14, 35, 40 | 1, 35, 26, 27, 19, 39 | 26, 27, 18, 40 | 5, 34, 31, 35 | - | 6, 29, 4, 38 | 19, 1, 5, 3 |
| 2 weight of stationary object | - | + | - | 10, 1, 29, 35 | - | 35, 30, 13, 2 | - | 5, 35, 14, 2 | - | 8, 10, 19, 35 | 13, 29, 13, 10, 29, 14 | 26, 29, 23, 2 | 2, 27, 28, 19, 19, 6 | 10, 27, 19, 6 | - | 2, 27, 28, 19, 19, 6 | 32, 22, 35 | 19, 32, 35 |
| 3 length of mobile object | 8, 15, 29, 34 | - | + | - | 15, 17, 4 | - | 7, 17, 4, 36 | - | 13, 4, 8 | 17, 10, 4 | 1, 8, 35 | 1, 8, 35 | 1, 8, 35, 10, 29 | 15, 34, 29, 34 | 19 | - | 10, 15, 19 | 32 |
| 4 length of stationary object | - | 35, 28, 49, 23 | - | + | - | 17, 7, 16, 40 | - | 35, 8, 2, 14 | - | 28, 10 | 1, 14, 35, 15, 7 | 13, 14, 39, 37, 16, 14, 35, 29, 28 | 1, 10, 3, 35, 38, 19 | - | 1, 10, 3, 35, 38, 19 | 3, 25 | 16, 32, 19, 13 | |
| 5 area of mobile object | 2, 17, 29, 4 | - | 14, 15, 18, 4 | - | + | - | 7, 14, 17, 4 | - | - | 29, 30, 19, 30, 4, 34 | 10, 15, 5, 34, 35, 28 | 11, 2, 3, 15, 13, 39, 40, 14 | 6, 3 | - | 2, 10, 19, 30 | 34, 39, 2, 13, 10, 19, 10 | 35, 39, 3, 9 | |
| 6 area of stationary object | - | 30, 2, 14, 18 | - | 26, 7, 9, 39 | - | + | - | - | - | 1, 18, 10, 15, 35, 36 | 10, 15, 35, 37 | 2, 38, 40 | - | - | 2, 10, 19, 30 | 34, 39, 2, 13, 10, 19, 10 | 35, 39, 3, 9 | |
| 7 volume of mobile object | 2, 28, 29, 40 | - | 1, 7, 4, 35 | - | 1, 7, 4, 17 | - | + | - | 29, 4, 38, 34 | 15, 35, 6, 35, 29, 4 | 1, 15, 1, 39, 15, 7 | 28, 10, 9, 14, 15, 7 | 6, 35, 4 | - | 34, 39, 2, 13, 10, 19, 10 | 35, 39, 3, 9 | 2, 13, 10, 19, 10 | |
| 8 volume of stationary object | - | 35, 10, 19, 14 | 19, 14 | 35, 8, 2, 14 | - | - | + | - | 2, 18, 37 | 24, 35 | 7, 2, 35 | 34, 28, 9, 14, 35, 40 | 17, 15 | - | 35, 34, 38 | 35, 6, 4 | - | 28, 30, 10, 13, 39, 2, 19 |
| 9 velocity | 2, 28, 13, 38 | - | 13, 14, 8 | - | 29, 30, 34 | - | 7, 29, 34 | - | + | 19, 28, 16, 19 | 6, 18, 35, 15, 18, 34 | 28, 33, 1, 16 | 6, 3, 3, 19, 26, 14 | 3, 19, 35, 6 | - | 28, 30, 10, 13, 39, 2, 19 | 10, 13, 19 | |

Extrait de la Matrice d'Altshuller

Exemple

Utilisation de la Matrice d'Altshuller : voir 2.2.

Autres Approches de Sélection des Principes Inventifs

Quelques autres approches de sélection des Principes Inventifs sont apparues ces dernières années

- Sélection d'après la fréquence d'apparition sur la Matrice d'Altshuller ;
- Sélection d'après l'approche de S. Fayer.

Sélection d'après la fréquence d'apparition sur la Matrice d'Altshuller

Principes Inventifs listés d'après leur fréquence d'apparition (FdA) sur la Matrice d'Altshuller (en commençant par le problème listé le plus fréquemment)

| Principes Inventifs FdA 1–10 | Principes Inventifs FdA 11–20 | Principes Inventifs FdA 21–30 | Principes Inventifs FdA 31–40 |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 35 | 26 | 14 | 38 |
| 10 | 03 | 22 | 08 |
| 01 | 27 | 39 | 05 |
| 28 | 29 | 04 | 07 |
| 02 | 34 | 30 | 21 |
| 15 | 16 | 37 | 23 |
| 19 | 40 | 36 | 12 |
| 18 | 24 | 25 | 33 |
| 32 | 17 | 11 | 09 |
| 13 | 06 | 31 | 20 |

Sélection d'après l'approche de S. Fayer

S. Fayer propose quatre groupes de problèmes dans lesquels les principes inventifs peuvent être liés à :

Groupe 1: Changer quelque choses sur les substances (quantité, qualité, structure, forme)
 Principes Inventifs : 1, 2, 3, 4, 7, 14, 17, 30, 31, 40

Groupe 2: Comment gérer les facteurs néfastes
Principes Inventifs : 9, 10, 11, 12, 13, 19, 21, 23, 24, 26, 33, 39

Groupe 3: Comment augmenter l'efficacité et l'idéalité
Principes Inventifs : 5, 6, 15, 16, 20, 25, 26, 34

Groupe 4: Utiliser les effets scientifiques, les champs et substances spéciaux
Principes Inventifs : 8, 18, 28, 29, 32, 35, 36, 37, 38, 30, 31, 40

5.2.2 – La Matrice d'Altshuller / Matrice de contradiction

5.2.2.1 – La Conception de la Matrice d'Altshuller

Définition

La Matrice de Contradiction ou Matrice d'Altshuller développée par G. S. Altshuller suggère des Principes Inventifs pour résoudre les contradictions apparaissant lorsque nous tentons d'améliorer un paramètre ou une caractéristique d'un produit, processus ou système. La Matrice de Contradiction était l'un des premiers résultats du travail d'Altshuller et de ses collègues. Bien qu'il s'agisse de l'un des composants les plus anciens de TRIZ, la Matrice reste utile pour les étapes préliminaires de la résolution de problème.

Altshuller a extrait et classifié les solutions inventives (Principes Inventifs) et a également créé 39 Paramètres Techniques pouvant décrire toutes les différentes contradictions résolues (voir 2.2.2 Les 39 Paramètres Techniques).

Ces Paramètres Techniques ont été placés dans une matrice 39 x 39 où l'axe x représente le paramètre qui se dégrade dans la contradiction et l'axe y celui qui s'améliore.

La Matrice d'Altshuller (tableau des contradictions) a été conçue pour formaliser et faciliter l'utilisation de cet outil TRIZ pour les activités pratiques. La Matrice comporte 39 caractéristiques de système ou « paramètres techniques » qui représentent les Paramètres d'Évaluation en conflit (OTSM).

Les paires de caractéristiques conflictuelles forment une matrice. Le premier élément de la paire est situé dans la colonne de gauche de la matrice et est appelé Paramètre Utile (ou Caractéristique à améliorer). L'autre élément de la paire est placé dans la ligne supérieure de la Matrice et est appelé Paramètre Nocif (ou Caractéristique dégradant, Résultat Non Désiré). Toutes les paires contradictoires de caractéristiques n'ont pas forcément une série de principes qui leur est associée.



Modèle

↓ Useful Parameter / Feature to improve / Characteristics to be improved
→ Harmful Parameter / Undesired Result / Characteristic that is getting worse

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|--|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------|--------------|
| harmful parameter → useful parameter | weight of mobile object | weight of stationary object | length of mobile object | length of stationary object | area of mobile object | area of stationary object | volume of mobile object | volume of stationary object | velocity | force | viscosity / pressure | friction | stability of composition | strength | durability of mobile object | durability of stationary object | temperature | illumination |
| 1 weight of mobile object | + | - | 15, 6, 26, 34 | - | 29, 17, 38, 34 | - | 26, 2, 40, 28 | - | 2, 8, 16, 38, 18, 37 | 9, 10, 37, 40, 35, 40 | 10, 38, 10, 14, 37, 40, 35, 40 | 1, 35, 10, 39, 18, 40 | 28, 27, 31, 35 | 8, 34 | - | 6, 29, 4, 35 | 19, 1, 32 | |
| 2 weight of stationary object | - | + | - | 10, 1, 29, 35 | - | 35, 30, 13, 2 | - | 5, 35, 14, 2 | - | 8, 10, 13, 29, 10, 18, 29, 14 | 13, 10, 10, 18, 29, 14 | 28, 30, 1, 40 | 28, 2, 10, 27 | - | 2, 27, 19, 8 | 28, 19, 32, 32, 22 | 19, 32, 35 | |
| 3 length of mobile object | 8, 15, 29, 34 | - | + | - | 15, 17, 4 | - | 7, 17, 4, 35 | - | 13, 4, 8 | 17, 10, 4 | 1, 8, 35, 10, 29 | 1, 8, 8, 35, 15, 34, 29, 34 | 1, 8, 8, 35, 15, 14, 28, 28 | 19 | - | 10, 15, 19 | 32 | |
| 4 length of stationary object | 38, 28, 40, 20 | - | - | + | - | 17, 7, 10, 40 | - | 35, 8, 2, 14 | - | 28, 10 | 1, 14, 13, 14, 38, 37, 15, 14, 35, 15, 7 | 35, 15, 7, 35 | 11, 2, 3, 15, 13, 39, 40, 14 | 6, 3 | - | 2, 15, 19, 13 | 15, 32, 19, 13 | |
| 5 area of mobile object | 2, 17, 29, 4 | - | 14, 15, 15, 4 | - | + | - | 7, 14, 17, 4 | - | 29, 30, 4, 34 | 19, 30, 35, 2, 38, 29 | 10, 15, 5, 34, 38, 29, 26, 4 | 11, 2, 3, 15, 13, 39, 40, 14 | 6, 3 | - | 2, 15, 19, 13 | 15, 32, 19, 13 | | |
| 6 area of stationary object | - | 30, 2, 14, 18 | - | 26, 7, 9, 30 | - | + | - | - | 1, 18, 10, 15, 35, 36, 38, 37 | 1, 18, 10, 15, 35, 36, 38, 37 | 1, 15, 1, 15, 1, 15, 7 | 2, 38, 40 | - | 2, 10, 35, 39, 10, 30, 38 | - | - | - | |
| 7 volume of mobile object | 2, 28, 29, 40 | - | 1, 7, 4, 35 | - | 1, 7, 4, 17 | - | + | - | 29, 4, 38, 34 | 15, 35, 38, 37 | 6, 35, 1, 15, 38, 37, 26, 4 | 28, 10, 1, 39, 15, 7 | 8, 35, 4 | - | 34, 39, 2, 13, 10, 18, 10 | 2, 13, 10, 18, 10 | | |
| 8 volume of stationary object | - | 35, 10, 19, 14 | 19, 14 | 35, 8, 2, 14 | - | - | + | - | 2, 18, 37 | 24, 35, 7, 2, 35 | 13, 28, 6, 18, 35, 15, 28, 33, 6, 3, 3, 10, 15, 19 | 34, 28, 35, 40, 17, 15 | - | 35, 34, 39 | 35, 6, 4 | 28, 30, 10, 13, 36, 2, 19 | | |
| 9 velocity | 2, 28, 13, 38 | - | 13, 14, 8 | - | 28, 30, 34 | - | 7, 28, 34 | - | + | 15, 19 | 13, 28, 6, 18, 35, 15, 28, 33, 6, 3, 3, 10, 15, 19 | 1, 18, 13, 34 | 1, 18, 28, 14 | 35, 6 | - | - | - | |

Extrait de la Matrice d'Altshuller

5.2.2.2 – Les 39 Paramètres Techniques

Définition



Afin de trouver un outil descriptif et clair pour l'application des Principes Inventifs, Altshuller devait également définir et extraire les caractéristiques de systèmes techniques. Dans TRIZ, ces caractéristiques extraites sont appelées les 39 Paramètres Techniques ou 39 Caractéristiques.

Pour chacun des 39 paramètres techniques, Altshuller proposa également une description détaillée (Annexe).

Une des questions sous-jacentes était de trouver si certains Principes Inventifs avaient été utilisés plus souvent que d'autres pour résoudre des problèmes inventifs spécifiques.

Méthode

Les 39 Paramètres Techniques

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

Exemples

PT 01 – Masse d'un objet mobile

La force mesurable, résultant de la gravité, qu'un corps exerce sur la surface et qui l'empêche de tomber.

Un objet mobile est un objet qui change de position tout seul ou en raison d'une force externe.

PT 02 – Masse d'un objet statique

La force mesurable, résultant de la gravité, qu'un corps exerce sur la surface et qui l'empêche de tomber.

Un objet statique est un objet qui ne peut pas changer de position tout seul ou en raison d'une force externe.

PT 17 – Température

La perte ou l'ajout de chaleur à un objet ou un système pendant les fonctions requises, qui peut entraîner des changements potentiellement indésirables sur les objets, les systèmes ou la production.

PT 18 – Luminosité

Le taux d'énergie lumineuse pour chauffer la surface illuminée par ou dans un système. La luminosité inclut la qualité de la lumière, le degré d'illumination et d'autres caractéristiques de la lumière.



5.2.2.3 – Utilisation de la Matrice d'Altshuller

Théorie

L'utilisation de la Matrice requiert une bonne analyse du problème car une contradiction (technique) – il peut y en avoir plusieurs – doit être définie dans le système.

Les principales étapes de l'utilisation de la Matrice d'Altshuller sont :

1. Description du Problème
2. Définition de la Contradiction Technique
(Façons de Modéliser le Problème – Trouver des contradictions techniques)
3. Traduction en Paramètre Technique (caractéristiques améliorantes & détériorantes)
4. Identification des Principes Inventifs sur la Matrice d'Altshuller
5. Génération d'idées avec les Principes Inventifs

La première étape, ici, est de résumer le problème à résoudre et le contexte du problème.

Pendant cette étape, il peut être utile de noter votre problème et de vous demander ce qui vous empêche de le résoudre. Soit vous serez confronté à une contrainte qu'il faudra évaluer, soit vous découvrirez une contradiction qu'il faudra résoudre.

Traduisez ensuite votre analyse de problème en des énoncés séparés de contradiction. L'état désiré ne peut être atteint parce qu'autre chose dans le système l'empêche. En d'autres termes, quand quelque chose s'améliore, autre chose se dégrade.

Par exemple :

La bande passante augmente (bien), mais requiert davantage de puissance (mauvais).

Le service est personnalisé pour chaque client (bien), mais le système de prestation du service devient compliqué (mauvais).



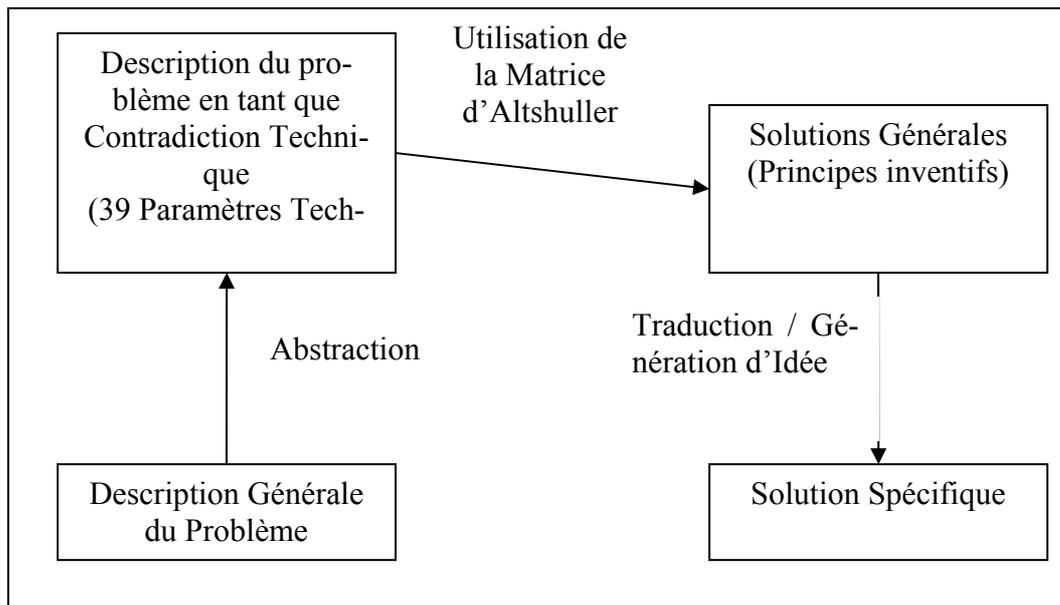
L'étape suivante est de traduire l'énoncé en une contradiction technique en faisant correspondre les caractéristiques des Paramètres Techniques particuliers.

Remarque : Cette n'étape n'est peut-être pas facile au début ; il est important de se familiariser avec les paramètres, ce qui signifie étudier les paramètres et commencer à collectionner vos propres exemples de ces paramètres.

Comparez ensuite vos caractéristiques améliorantes avec les caractéristiques détériorantes sur la Matrice d'Altshuller. Identifiez les numéros des Principes Inventifs susceptibles de vous aider à résoudre cette contradiction technique. Les numéros sont contenus dans les cellules à l'intersection de des lignes et des colonnes.

Regardez les principes et utilisez chacun d'entre eux pour générer et enregistrer des idées de solution. La description de chaque Principe et indice additionnel vous donne une indication de solution possible.

Modele



Exemple

Utilisation de la Matrice d'Altshuller : voir 2.2.

Description du Problème

Théorie

Les professionnels de la résolution de problème disent qu'un problème bien défini est un problème à moitié résolu.

Une bonne connaissance du système entourant le problème est nécessaire. De la même manière, différents aspects liés au problème doivent être systématiquement documentés.

Pour une description détaillée du problème et du contexte du problème, TRIZ propose l'« Innovation-Situation-Questionnaire »[®] (ISQ) ou bien check-list de l'innovation. L'ISQ a été développé par l'école TRIZ de Chisinau en Moldavie (propriété d'Ideation International Inc.).

L'ISQ n'est pas impérativement nécessaire lorsque l'on travaille avec la Matrice d'Altshuller. Cependant, il aide à trouver et à définir les contradictions importantes du système.

Remarque Importante :

ARIZ comprend et définit un processus étape par étape servant à identifier les contradictions techniques et à les traduire en contradictions physiques (voir Chapitre ARIZ).

Méthode

« Innovation-Situation-Questionnaire[®] » – Structure:

- 1 Informations sur le système que vous souhaitez améliorer / créer et sur son environnement
 - 1.1 Nom du système
 - 1.2 Fonction utile primaire du système
 - 1.3 Structure courante ou désirée du système
 - 1.4 Fonctionnement du système
 - 1.5 Environnement du système
- 2 Ressources disponibles (voir Ressources Substance-Champ)



- 3 Information sur la situation problématique
 - 3.1 Amélioration désirée du système ou inconvénient que vous souhaitez éliminer
 - 3.2 Mécanismes qui provoquent l'inconvénient, si ces mécanismes sont clairs
 - 3.3 Autres problèmes à résoudre
- 4 Changer le système
 - 4.1 Changements permis dans le système
 - 4.2 Limites des changements dans le système
- 5 Critère de sélection de concepts de solution
 - 5.1 Caractéristiques technologiques désirées
 - 5.2 Caractéristiques économiques désirées
 - 5.3 Calendrier désiré
 - 5.4 Degré de nouveauté attendu
 - 5.5 Autres critères
- 6 Historique des solutions tentées pour résoudre le problème
 - 6.1 Autre(s) système(s) dans le(s)quel(s) un problème similaire apparaît

Exemples de l'ISQ : Dans *Systematic Innovation – an Introduction to TRIZ*. John Terninko, Allo Zusman, Boris Zlotin, (également disponible sur books.google.com).

Définir la Contradiction Technique

(Façons de Modéliser le Problème - Trouver des Contradictions Techniques)

Dans TRIZ, différentes façons et modèles permettant de découvrir les contradictions d'un système sont décrits.

- Définir « Ce qui s'améliore – ce qui se dégrade »
- Modèle de Contradictions OTSM (voir Chapitre 1.1.4)
- ARIZ (voir Chapitre sur ARIZ)

Théorie & Méthode

Définir « Ce qui s'améliore – ce qui se dégrade » ou « si-alors-mais »

La façon la plus simple de chercher des paramètres contradictoires dans un système – après un résumé du problème en une phrase – est de répondre aux questions suivantes :

| |
|---|
| Résumez le problème à résoudre et le contexte du problème |
| |

| Qu'est-ce qui s'améliore (qu'est-ce qui est « bien ») | Qu'est-ce qui se dégrade (qu'est-ce qui est « mauvais ») |
|---|--|
| Cet aspect du système s'améliore ... | au détriment de cet aspect... |
| | |

Modèle de Contradictions OTSM

Voir Chapitre 1.1.4.



Exemple

Ex 1 : « Augmenter la longévité d'un produit »

Définir « Ce qui s'améliore – ce qui se dégrade » ou « si-alors-mais »

| | |
|---|--|
| Résumez le problème à résoudre et le contexte du problème | |
| <i>La plupart des stratégies de conception pour plus de durabilité impliquent de sur-spécifier le type de matériau ou sa quantité. La solution de longévité la plus fréquente est d'ajouter du matériau pour rendre quelque chose plus résistant.</i> | |
| Qu'est-ce qui s'améliore (qu'est-ce qui est « bien ») | Qu'est-ce qui se dégrade (qu'est-ce qui est « mauvais ») |
| Cet aspect du système s'améliore ... | au détriment de cet aspect... |
| <i>Un produit est plus résistant ...</i> | <i>...mais son poids augmente</i> |

Résultat :

Si nous voulons rendre le produit « plus résistant », le « poids » se détériore (contradiction technique).

Traduction en Paramètre Technique (Caractéristiques Améliorantes & Détériorantes)

Modèle

L'étape suivante est de traduire la contradiction générale en contradiction technique en utilisant les 39 Paramètres Techniques.

Cette n'étape n'est peut-être pas facile au début ; il est important de se familiariser avec les paramètres, ce qui signifie étudier les paramètres et commencer à collectionner vos propres exemples de ces paramètres (voir Annexe).

Méthode

Liste des 39 Paramètres Techniques (avec explications)



Exemple

Ex 1 : « Augmenter la longévité d'un produit »

| | |
|---|--|
| Résumez le problème à résoudre et le contexte du problème | |
| <i>La plupart des stratégies de conception pour plus de durabilité impliquent de sur-spécifier le type de matériau ou sa quantité. La solution de longévité la plus fréquente est d'ajouter du matériau pour rendre quelque chose plus résistant.</i> | |
| Qu'est-ce qui s'améliore (qu'est-ce qui est « bien ») | Qu'est-ce qui se dégrade (qu'est-ce qui est « mauvais ») |
| Cet aspect du système s'améliore ... | au détriment de cet aspect... |
| <i>Un produit est plus résistant ...</i> | <i>...mais son poids augmente</i> |
| Paramètre technique – Caractéristique Améliorante | Paramètre technique – Caractéristique Détériorante |
| <i>Un produit est plus résistant ...</i> | <i>...mais son poids augmente</i> |
| Résistance – PT 14 | Masse d'un objet statique – PPT 02 |

Identifier les Principes Inventifs à partir de la Matrice d'Altshuller

Comparez les paramètres améliorants avec les paramètres détériorants sur la Matrice d'Altshuller fournie. Identifiez les numéros des Principes Inventifs susceptibles de vous aider à résoudre cette contradiction technique. Les numéros sont contenus dans les cellules à l'intersection des lignes et des colonnes.

Si la Matrice d'Altshuller comprend une cellule vide à cette intersection, essayez la contradiction inverse ou redéfinissez vos paramètres.

Méthode

Matrice d'Altshuller (Annexe)

Exemple

Ex 1 : « Augmenter la longévité d'un produit »
of a product"



| | |
|---|--|
| Résumez le problème à résoudre et le contexte du problème | |
| <i>La plupart des stratégies de conception pour plus de durabilité impliquent de sur-spécifier le type de matériau ou sa quantité. La solution de longévité la plus fréquente est d'ajouter du matériau pour rendre quelque chose plus résistant.</i> | |
| Qu'est-ce qui s'améliore (qu'est-ce qui est « bien ») | Qu'est-ce qui se dégrade (qu'est-ce qui est « mauvais ») |
| Cet aspect du système s'améliore ... | au détriment de cet aspect... |
| <i>Un produit est plus résistant ...</i> | <i>...mais son poids augmente</i> |
| Paramètre technique – Caractéristique Améliorante | Paramètre technique – Caractéristique Détériorante |
| Un produit est plus résistant ... | <i>...mais son poids augmente</i> |
| Résistance – PT 14 | Masse d'un objet statique – PT 02 |

Numéros des Principes Inventifs issus de l'intersection des Paramètres Techniques sur la Matrice d'Altshuller :

(ligne 14) vs (colonne 2 →) Principes Inventifs : 40, 26, 27, 1

| | | 1 | 2 | |
|----|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------|
| | | weight of mobile object | weight of stationary object | |
| | harmful parameter → | | | |
| | useful parameter ↓ | | | |
| 1 | weight of mobile object | + | - | 1: 2: |
| 2 | weight of stationary object | - | + | |
| 3 | length of mobile object | 8, 15, 29, 34 | - | |
| 4 | length of stationary object | | 3, 28, 40, 29 | |
| 5 | area of mobile object | 2, 17, 29, 4 | - | 14 1 |
| 6 | area of stationary object | - | 30, 2, 14, 18 | |
| 7 | volume of mobile object | 2, 26, 29, 40 | - | 1, |
| 8 | volume of stationary object | - | 3, 10, 19, 14 | 1: |
| 9 | velocity | 2, 28, 13, 38 | - | 13 |
| 10 | force | 8, 1, 37, 18 | 14, 13, 28 | 17 9 |
| 11 | tension/ pressure | 10, 36, 37, 40 | 13, 29, 10, 18 | 35 |
| 12 | shape | 8, 10, 29, 40 | 13, 10, 26, 3 | 29 5 |
| 13 | stability of composition | 21, 35, 2, 29 | 26, 39, 1, 40 | 1: 1 |
| 14 | strength | 8, 40, 15 | 40, 26, 27, 1 | 1, 2 |

Génération d'Idées avec les Principes Inventifs

Dans la dernière étape, les idées doivent être générées avec les Principes Inventifs identifiés.

Remarque :

Le principe inventif doit être utilisé comme une indication précise pour surmonter la contradiction technique correspondante.

Erreur typique : les débutants appliquent souvent les Principes Inventifs à l'ensemble du système (et pas aux éléments spécifiques où la contradiction technique apparaît).

✦ L'interprétation des directives du principe inventif doit être aussi littérale que possible afin d'éviter leur utilisation comme une simple confirmation d'une idée déjà conçue par l'utilisateur.

Les directions suggérées par les différents principes proposés par la même cellule de la matrice peuvent être combinées car elles fournissent parfois des suggestions complémentaires.



Méthode & Exemple

Ex 1 : « Augmenter la longévité d'un produit »

| |
|---|
| Résumez le problème à résoudre et le contexte du problème |
| <i>La plupart des stratégies de conception pour plus de durabilité impliquent de sur-spécifier le type de matériau ou sa quantité. La solution de longévité la plus fréquente est d'ajouter du matériau pour rendre quelque chose plus résistant.</i> |

| | |
|---|--|
| Qu'est-ce qui s'améliore (qu'est-ce qui est « bien ») | Qu'est-ce qui se dégrade (qu'est-ce qui est « mauvais ») |
| Cet aspect du système s'améliore ... | au détriment de cet aspect... |
| <i>Un produit est plus résistant ...</i> | <i>...mais son poids augmente</i> |

| | |
|---|--|
| Paramètre technique – Caractéristique Améliorante | Paramètre technique – Caractéristique Détériorante |
| Un produit est plus résistant ... | <i>...mais son poids augmente</i> |
| Résistance – PT 14 | Masse d'un objet statique – PT 02 |

| |
|---|
| Numéros des Principes Inventifs issus de l'intersection des Paramètres Techniques sur la Matrice d'Altshuller : |
| <i>(ligne 14) vs (colonne 2 →) Principes Inventifs : 40, 26, 27, 1</i> |

| | |
|---|---|
| Idées de solution | |
| PI 40 – Matériaux Composites | <i>Utiliser des matériaux composites légers pour les produits susceptibles d'avoir une longue durée de vie et bénéficier du fait qu'ils soient très légers, ou créer un nouveau matériau composite à partir de déchets.</i> |
| PI 26 – Copie | <i>Dématérialiser les parties mécaniques des interfaces électroniques en utilisant les invites écrans et moins de touches, ou en utilisant des logiciels uniquement avec des écrans tactiles robustes.</i> |
| PI 27 – Produits éphémères et bon marché | <i>Évaluer les produits pour savoir s'ils doivent être durables. Utiliser la logistique existante et les incitations pour améliorer des produits repris, puis concevoir des produits et des composants pour la réutilisation, la mise-à-jour ou le recyclage.</i> |
| PI 1 – Segmentation | <i>Faire de l'objet un objet sectionnel afin de faciliter l'assemblage et le désassemblage à la fin de sa vie. Presque toutes les stratégies de fin de vie reposent sur la séparation facile des composants et des matériaux.</i> |

5.3. Techniques pour Résoudre les Contradictions Physiques

Définition

Une contradiction physique est un conflit entre deux exigences physiques mutuellement exclusives pour un même paramètre d'un élément du système. Plus précisément, d'après le modèle ENV (voir Chapitre 1c), une contradiction physique apparaît lorsque différentes valeurs sont requises pour un paramètre de contrôle donné.

Pour la résolution de problème, la formulation de la Contradiction présente le format : « Un élément donné du système doit avoir la caractéristique A afin de remplir la fonction requise (afin de résoudre le problème) ET cet élément doit avoir la caractéristique NON-A afin de satisfaire des limitations et des exigences existantes.



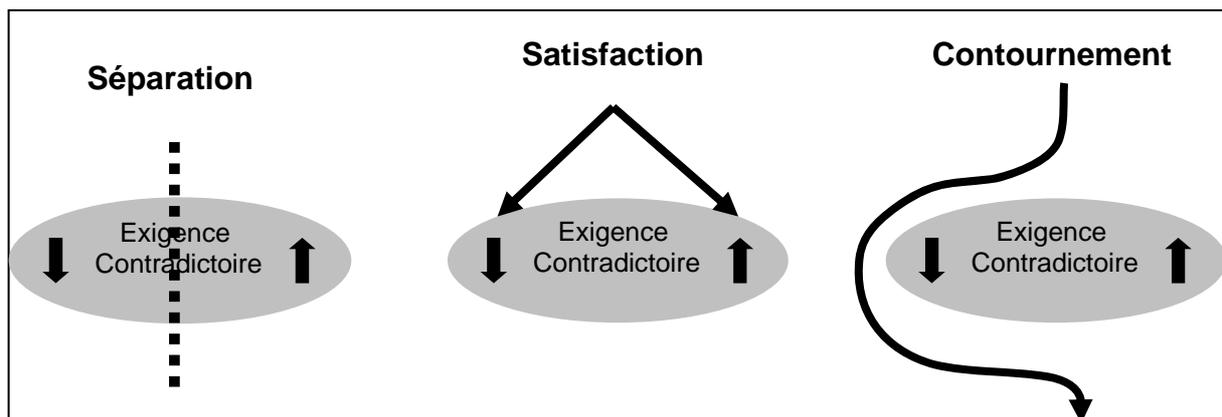
Exemple : L'élément doit être chaud et froid
L'élément doit être dur et mou

En principe, une contradiction physique peut être résolue par trois concepts :

1. Séparation des exigences contradictoires (voir Les Quatre Principes de Séparation)
2. Satisfaction des exigences contradictoires
3. Contournement des exigences contradictoires



Modèle



5.3.1 – Les Quatre Principes de Séparation

Définition

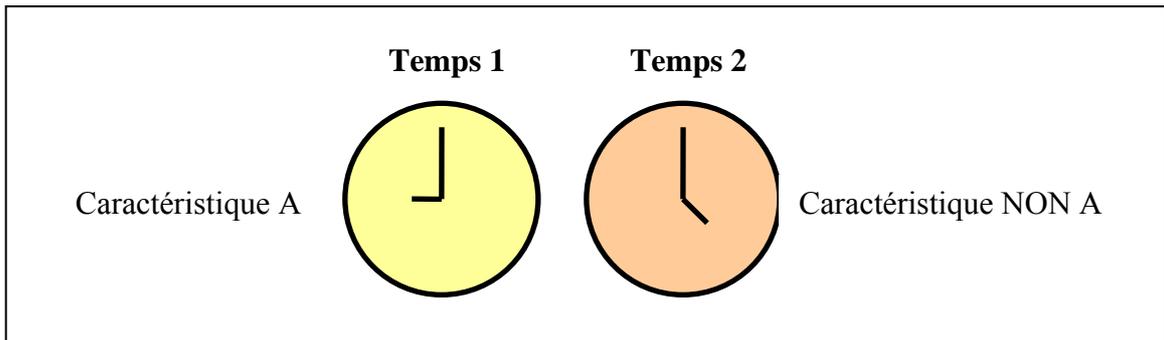
Lorsque l'on travaille sur une contradiction physique connue – et que les concepts de satisfaction et de contournement ne fonctionnent pas – il est possible de recourir aux Quatre Principes de Séparation pour surmonter ce type de contradiction :

- Séparation dans le Temps
- Séparation dans l'Espace
- Séparation de la Condition / Fonction
- Séparation du Niveau du Système

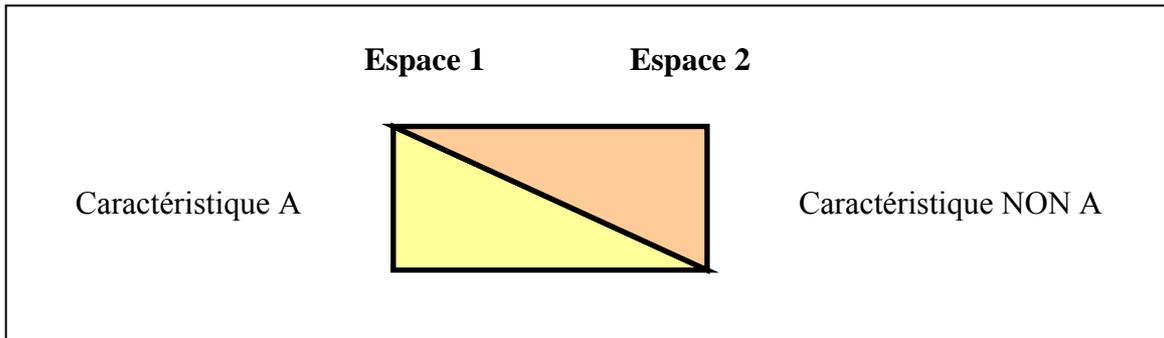


Modèle

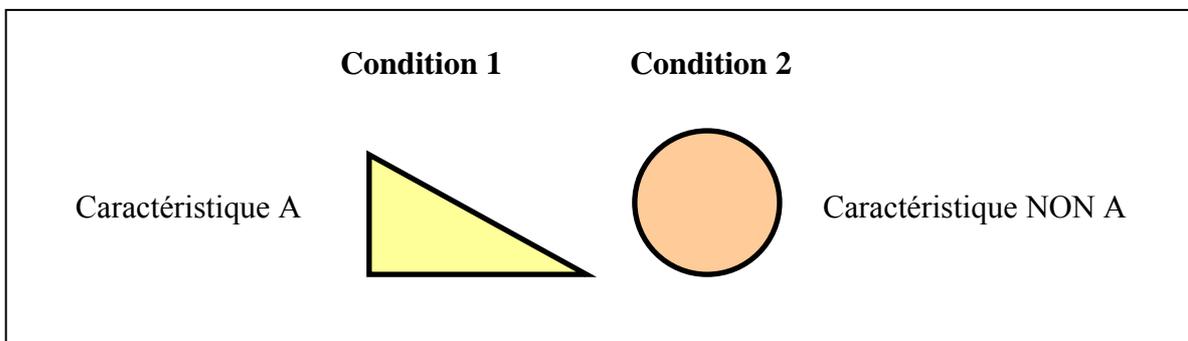
- Séparation dans le Temps



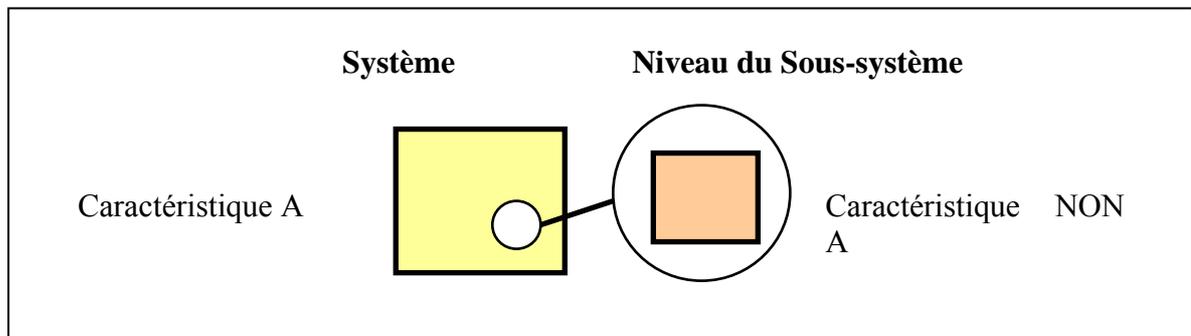
- Séparation dans l'Espace



- Séparation de la Condition / Fonction



- Séparation du Niveau du Système



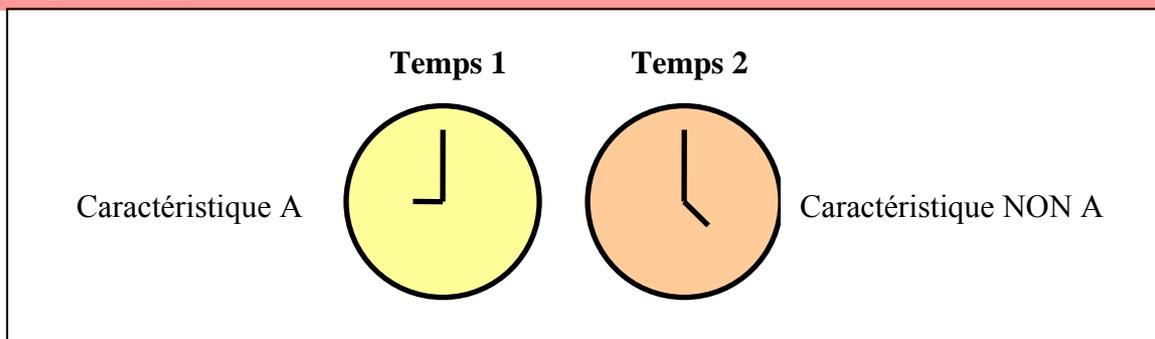
5.3.1.1 – Séparation dans le Temps

Définition

L'idée est de séparer, dans le temps, les exigences opposées.

Si un système ou un processus doit satisfaire des exigences contradictoires, ou remplir des fonctions ou des conditions contradictoires, essayez de planifier le fonctionnement du système de manière que les exigences, les fonctions ou les conditions conflictuelles prennent effet à des moments différents.

Le concept de « séparation dans le temps » est basé sur la définition de ce que l'on appelle le « temps opérationnel », c'est-à-dire quand – à quelle heure – exactement avons-nous besoin des exigences opposées ?



La question que nous devons nous poser est :

Avons-nous besoin de la caractéristique A à n'importe quel moment, ou est-elle uniquement requise à un moment précis?

Si la caractéristique A n'est pas toujours nécessaire, nous pouvons essayer de la séparer dans le temps.

Méthode

Les Principes Inventifs autorisant la Séparation dans le Temps (cette liste n'est pas exhaustive)

- PI 15 – Dynamisme
- PI 34 – Rejeter et Régénérer des Pièces
- PI 10 – Action Préliminaire
- PI 9 – Action Contraire Préliminaire
- PI 11 – Protection Préliminaire

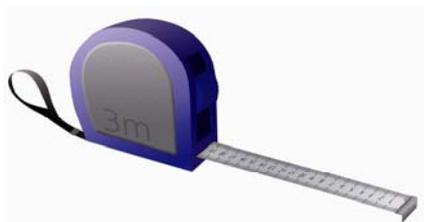


Exemple – Produit

Un mètre doit être assez long pour permettre de mesurer une grande gamme de distances et un mètre doit également être petit pour pouvoir être facilement emporté.

Le Principe Inventif 15 recommande de « dynamiser », c'est-à-dire d'augmenter les degrés internes de liberté du mètre.

Un produit utilisant ce principe est le « mètre enrouleur ».



Exemple



Formulation du problème :

Pendant une bataille, les canons doivent être rechargés très rapidement.

Lorsque la poudre à canon est introduite rapidement dans le tube du canon, la poudre peut prendre feu en raison des particules chaudes dans le tube ou par onde de choc. C'est pourquoi le rechargement rapide du canon est très dangereux.



(Photo: R. Adunka)

La tâche consiste à développer une arme à décharge rapide.

Cela peut être traduit en une contradiction physique :

Le temps de chargement de l'arme doit être court afin d'avoir une décharge rapide ET

Le temps de chargement doit être plus long pour plus de sécurité.

Le temps opérationnel de la fonction « décharge rapide » peut être clairement séparé du

temps opérationnel de la fonction « charger l'arme ».

Nous pouvons utiliser le concept de Séparation dans le Temps pour trouver des idées.

Un des Principes Inventifs suggéré qui autorise la Séparation dans le Temps est PI 10 – Action Préliminaire.

Principe 10 –Action Préliminaire

A. Réaliser les changements sur un objet complètement ou partiellement en avance.

Placer les objets en avance de manière qu'ils puissent entrer en action immédiatement depuis l'endroit le plus adéquat.



(Photo R. Adunka)

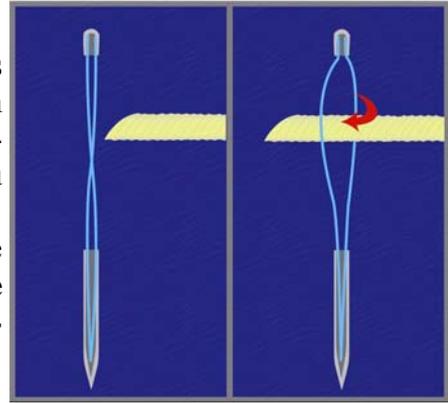
Solution :

Avec les chambres dites « à cassette », la poudre à canon et le combustible sont dans des chambres séparées. Ces chambres étaient mises en place pour chaque coup supplémentaire. Certaines de ces chambres peuvent être préparées en avance pour une bataille, avec la poudre à canon déjà chargée pour une utilisation pendant la bataille. Le boulet était introduit par l'avant. Le risque de mettre le feu à la poudre lors de l'introduction du boulet dans le canon était ainsi réduit.

Exemple : aiguille avec chas dynamique

Il est difficile de passer un fil épais à travers l'étroit chas d'une aiguille. Nous pouvons formuler la contradiction physique suivante pour représenter la situation : une aiguille doit avoir un grand chas pour faciliter l'insertion du fil et doit avoir un petit chas pour le côté pratique.

En séparant la contradiction dans le temps, le problème peut être formulé de la manière suivante : **le chas doit être grand lorsque l'on insère le fil et petit pendant le processus de couture, tel que représenté ci-dessous :**



Le Britannique R. Pace a conçu une aiguille composée de deux fils minces semblables à des ressorts et présentant une longueur identique. Les fils sont soudés l'un à l'autre à une extrémité, tournés de trois-quarts de tour, puis soudés à l'autre extrémité. L'aiguille ainsi produite ressemble à une aiguille ordinaire, mais lorsque l'on déroule légèrement les fils, un grand trou apparaît par lequel il est facile de faire passer un fil. Lorsqu'on relâche, l'aiguille reprend sa forme d'origine et serre le fil.

(Source : Ideation, TRIZ Tutorial)

5.3.1.2 – Séparation dans l'Espace

Définition

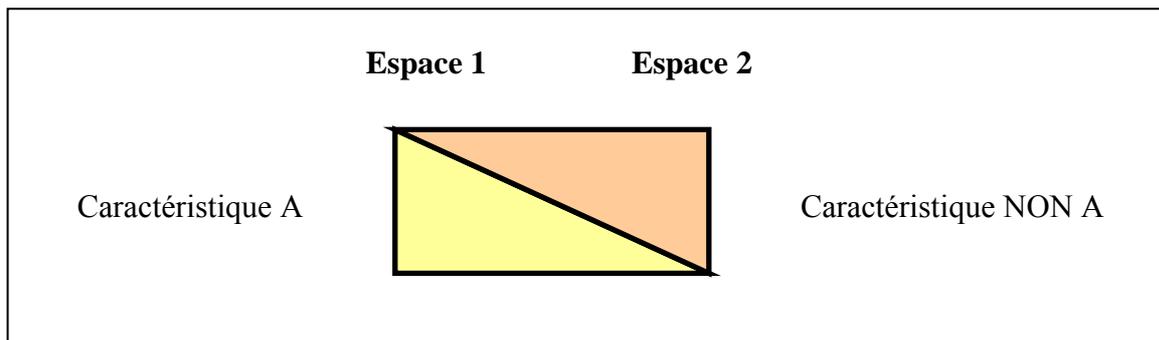
L'idée est de séparer, dans l'espace, les exigences opposées.

Si un système ou un processus doit satisfaire des exigences contradictoires ou fonctionner dans des conditions contradictoires, essayez de répartir le système dans des sous-systèmes. Puis, assignez chaque fonction ou condition contradictoire à un sous-système différent.

Le concept de « séparation dans l'espace » est basé sur la définition de ce que l'on appelle l'« espace opérationnel », c'est-à-dire où – à quel endroit – exactement avons-nous besoin des exigences opposées ?



Modèle



La question que nous devons nous poser est :

Avons-nous besoin de la caractéristique A partout, ou est-elle requise à des endroits précis ?

Si la caractéristique A n'est pas nécessaire partout, nous pouvons essayer de la séparer dans l'espace.

Méthode

Les Principes Inventifs autorisant la Séparation dans l'Espace (cette liste n'est pas exhaustive)

- IP 1 – Segmentation
- IP 2 – Extraction
- IP 3 – Qualité Locale
- IP 7 – Inclusion
- IP 4 – Asymétrie



- IP 17 – Transition vers une Autre Dimension
- IP 13 – inversion



Exemple – Product

Une tasse de café doit maintenir la chaleur du café pendant un certain temps, mais la tasse ne doit pas être brûlante pour éviter que l'utilisateur ne se brûle pas les doigts.

Le Principe Inventif 7 recommande d'utiliser l'idée de l'inclusion.



Exemple

Formulation du problème :



Au Moyen-âge, lors des tournois, l'armure des chevaliers servait à protéger leur corps. Pour faire plaisir au public, l'habit (armure) devait également être beau.

D'où la tâche : développer une « belle armure ».

Cela peut être traduit en contradiction technique :



(Photo R. Adunka)

L'armure doit être en métal pour protéger le chevalier ET

L'amure ne doit PAS être en métal (tissu) pour être belle.

L'espace opérationnel de la fonction « protéger le chevalier » (intérieur) peut être clairement séparé de l'espace de la fonction « donner une belle apparence ».

Nous pouvons utiliser le concept de Séparation dans l'Espace pour trouver des idées.

Un des Principes Inventifs recommandés qui autorise la Séparation dans l'Espace est PI -3 – Qualité Locale.

Principe 03 – Qualité Locale

A. Transition d'une structure homogène à une structure hétérogène de l'objet ou de l'environnement extérieur (action).

B. Différentes parties d'un objet doivent remplir différentes fonctions.

Chaque partie d'un objet doit être placée dans les conditions qui sont les plus favorables à son fonctionnement.

Solution :

La « Brigandine » est une armure constituée d'une partie intérieure faite de plaques de métal et d'une partie extérieure en fibres ou en cuir : c'était une sorte de « veste pare-balles » du XVème siècle.



(Photo R. Adunka)

Exemple : Appliquer un revêtement sur des pièces métalliques

Un revêtement chimique est appliqué sur les surfaces métalliques de la manière suivante : la pièce de métal est plongée dans un bain constitué d'une solution de sel métallique (par ex. nickel, cobalt, etc.). Pendant la réaction de réduction qui suit, le métal de la solution précipite sur la surface de la pièce. Plus la température est élevée, plus le processus est rapide ; à des températures élevées cependant, la solution se décompose et jusqu'à 75% des produits chimiques

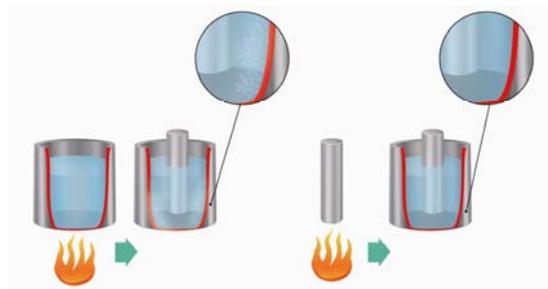
sont perdus car ils se déposent sur les côtés et le fond du bain. L'ajout de stabilisateurs n'est pas efficace et la réalisation du processus à basse température réduit nettement la production. Pour appliquer le principe de séparation dans l'espace, nous devons, par exemple, nous poser la question suivante : Avons-nous besoin que ce paramètre – la température dans ce cas – soit élevé (et bas) partout, ou est-il nécessaire à certains endroits uniquement ? Si la température n'a pas besoin d'être à la fois haute et basse partout, nous pouvons essayer de séparer ces exigences opposées dans l'espace.



Dans ce cas, la température ne doit être élevée qu'à proximité des pièces, et non pas partout dans le bain. Comment peut-on faire cela ?

La réponse est : la pièce est chauffée à haute température avant d'être plongée dans le bain, et le processus en lui-même est réalisé à basse température. La solution est donc chaude près de la pièce, mais froide partout ailleurs. (Une manière d'obtenir ce résultat est d'appliquer un courant électrique à la pièce pendant le processus d'application du revêtement).

(Source : Ideation, TRIZ Tutorial)



5.3.1.3 – Séparation de la Condition / Relation

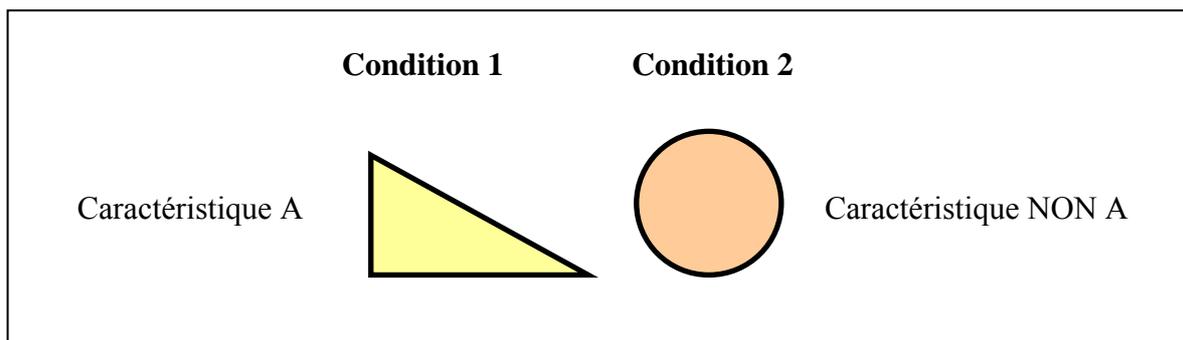
Définition

Le concept consistant à séparer les exigences opposées d'une condition peut permettre de résoudre les contradictions dans lesquelles un processus utile se produit alors que conditions spéciales existent. Pensez à changer le système ou l'environnement de manière que seul le processus utile puisse avoir lieu.



Exemple : Dans la cuisine – Un égouttoir stoppe les pâtes mais pas l'eau.

Modèle



La question que nous devons poser est :

Pouvons-nous changer ou modifier les conditions d'un système ou de son environnement de manière que les deux caractéristiques A et PAS A soient satisfaites.

Méthode

Les Principes Inventifs autorisant la Séparation de la Condition (cette liste n'est pas exhaustive)

- IP 40 – Matériaux Composites
- IP 31 – Matériau Poreux
- IP 32 – Changement de Couleur
- IP 3 – Qualité Locale
- IP 19 – Action Périodique
- IP 17 – Transition vers une autre Dimension

Remarque : Dans ce cas, la relation entre le concept de séparation et le principe inventif n'est pas si évidente.

Exemple

Formulation du problème :

Le client d'une scierie veut acheter de la sciure pure. Un aspirateur est utilisé pour aspirer la zone autour de la scie. La sciure passe ensuite dans un tuyau d'aspiration en métal jusque dans le conteneur de récupération. Malheureusement, de petites pièces de bois sont également aspirées par l'aspirateur et le contenu du conteneur est donc contaminé.

La contradiction peut être formulée :

L'aspiration (aspirateur) doit être suffisamment puissante pour collecter toute la sciure (mais également les petites pièces de bois) et l'aspiration doit être plutôt faible pour ne pas collecter les petites pièces de bois.

Solution :

En augmentant le diamètre du tuyau d'aspiration sur une certaine longueur (convexité), les conditions de cheminement peuvent être modifiées de manière que les plus grandes pièces – les petites pièces de bois – s'accumulent à cet endroit et ne pénètrent pas dans le tuyau de collection.

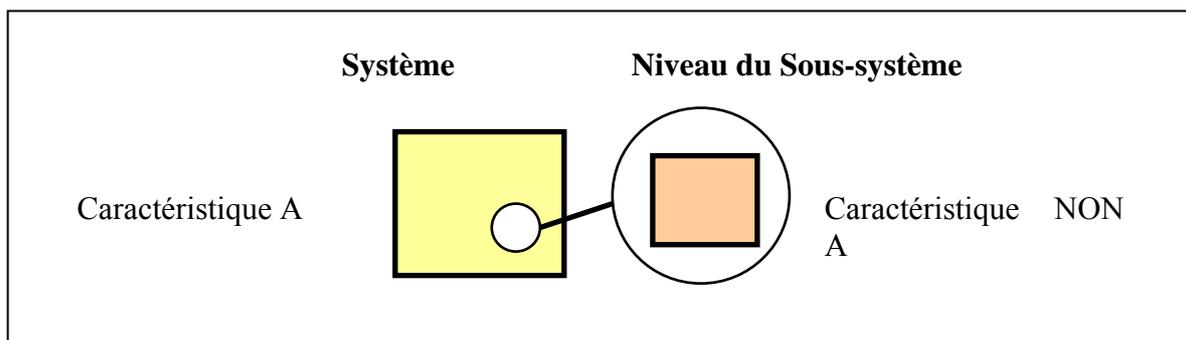
5.3.1.4 – Séparation du Niveau du Système / par la Transition vers un Sous- ou un Super-Système

Définition

L'idée est de séparer les exigences opposées au sein d'un même objet ou de ses parties.

Si un système doit remplir des fonctions contradictoires ou fonctionner dans des conditions contradictoires, essayer de partitionner le système et d'assigner une des fonctions ou conditions contradictoires à un sous-système (ou plusieurs sous-systèmes). Le système dans son ensemble conserve les fonctions et conditions restantes.

Modèle



La question que nous devons poser est :
Pouvons-nous satisfaire les caractéristiques A et PAS A en assignant l'une d'entre elles au système entier et l'autre à ses parties ?

Exemple : Serrer des pièces de forme complexe

Pour serrer des pièces de forme complexe, les mâchoires de l'étau doivent avoir une forme correspondante. Cependant, produire un outil unique pour chaque pièce est onéreux. De plus, un étau déformable serait capable de s'ajuster à la pièce à serrer, mais la capacité de maintien serait détériorée (l'outil de serrage ne serait pas assez rigide).

La contradiction physique est donc la suivante : l'étau doit être assez rigide pour soutenir la pièce correctement, et sa rigidité doit être souple pour modifier sa géométrie et la faire correspondre à la forme complexe de la pièce elle-même.

La réponse est : utilisez un étau avec des mâchoires ordinaires, mais ajoutez de nombreuses brosses dures autour de la pièce qui se déplacent horizontalement pour s'adapter à la forme de la pièce (haute déformabilité au niveau du système et faible déformabilité au niveau du sous-système).

(Source : Ideation, TRIZ Tutorial)



5.3.2 – Satisfaction (Effets) & Contournement (Nouvelle Conception)

Satisfaction :

Si une contradiction physique ne peut pas être résolue par un principe de séparation, il est peut être possible de satisfaire les deux exigences simultanément en utilisant un nouvel effet.

Dans la plupart des cas, il s'agit du changement de la structure du système.

Les Lois d'évolution TRIZ aident à identifier les directions à prendre pour surmonter la contradiction avec un tel changement de paradigme :

Transition vers un Super-système : y compris

- la Tendance mono-bi-poly
 - la Tendance vers une Différence Accrue entre les systèmes intégrés
- Référence aux Lois d'Évolution 6 et 7.

Transition vers un Micro-niveau ou un Sous-système : c'est-à-dire transition vers des systèmes alternatifs.

→ Référence aux effets physiques, chimiques et géométriques.

Les Principes Inventifs autorisant la Séparation par Transition vers un Sous- ou un Super-système (cette liste n'est pas exhaustive)

- IP 1 – Segmentation
- IP 5 – Fusion
- IP 33 – Homogénéité
- IP 12 – Équipotentialité

Remarque : Dans ce cas, la relation entre le concept de séparation et les principes inventifs n'est pas si évident.

Contournement :

Si une contradiction physique ne peut pas être résolue par les principes de séparation, il est peut-être possible de contourner les deux exigences. Avec cette nouvelle solution, il se peut que la contradiction devienne non pertinente.

Pour cela, une solution consiste à observer les différents écrans de l'opérateur système. Les écrans peuvent aider à trouver une solution alternative pour contourner des problèmes encore liés au même objectif global.

| | PASSÉ | PRÉSENT | FUTUR |
|---------------|--|---|--|
| SUPER-SYSTÈME | Que doit faire <n'importe quelle ressource du super-système> pour empêcher l'apparition du problème ou pour obtenir le Résultat le Plus Désiré ? | Que doit faire <n'importe quelle ressource du super-système> pour que le < système > remplisse la fonction utile correctement sans effets indésirables néfastes pour obtenir le Résultat le Plus Désiré ? | Si le problème n'a pas été résolu, que doit faire <n'importe quelle ressource du super-système> pour faire en sorte que le < système > atteigne également le Résultat le Plus Désiré ? |
| SYSTÈME | Que doit faire <le système> pour empêcher l'apparition du problème et obtenir le Résultat le Plus Désiré ? | Que doit faire <le système> pour remplir la fonction utile correctement sans effets indésirables néfastes pour obtenir le Résultat le Plus Désiré ? | Si le problème n'a pas été résolu, que doit faire <le système> pour atteindre également le Résultat le Plus Désiré ? |
| SOUS-SYSTÈME | Que doit faire <n'importe lequel des sous-systèmes> pour empêcher l'apparition du problème ou pour obtenir le Résultat le Plus Désiré ? | Que doit faire <n'importe lequel des sous-systèmes > pour que le < système > remplisse la fonction utile correctement sans effets indésirables néfastes pour obtenir le Résultat le Plus Désiré ? | Si le problème n'a pas été résolu, que doit faire <n'importe lequel des sous-systèmes > pour que le < système > atteigne également le Résultat le Plus Désiré ? |

→ Référence à l'Opérateur Système et

→ Référence à la Transition vers Super-système & Micro-niveau

5.4. Effets

Définition



L'utilisation d'effets et de phénomènes scientifiques aide l'inventeur à développer des solutions au niveau d'innovation le plus élevé étant donné que la contradiction du problème formulé est résolue au niveau physique.

Pour trouver les bons effets, Altshuller commença à rassembler les phénomènes physiques et à les structurer en fonction de l'effet ou de la propriété requise. Différents logiciels et services online ont été développés à partir de ce travail au fil des années.

Le système traditionnel de classification des effets dans TRIZ est la différenciation des effets physiques, chimiques et géométriques.

- Effets Physiques : permettent de transformer une forme d'énergie en une autre.
- Effets Chimiques : permettent d'obtenir des substances à partir d'autres substances par absorption ou émission d'énergie.

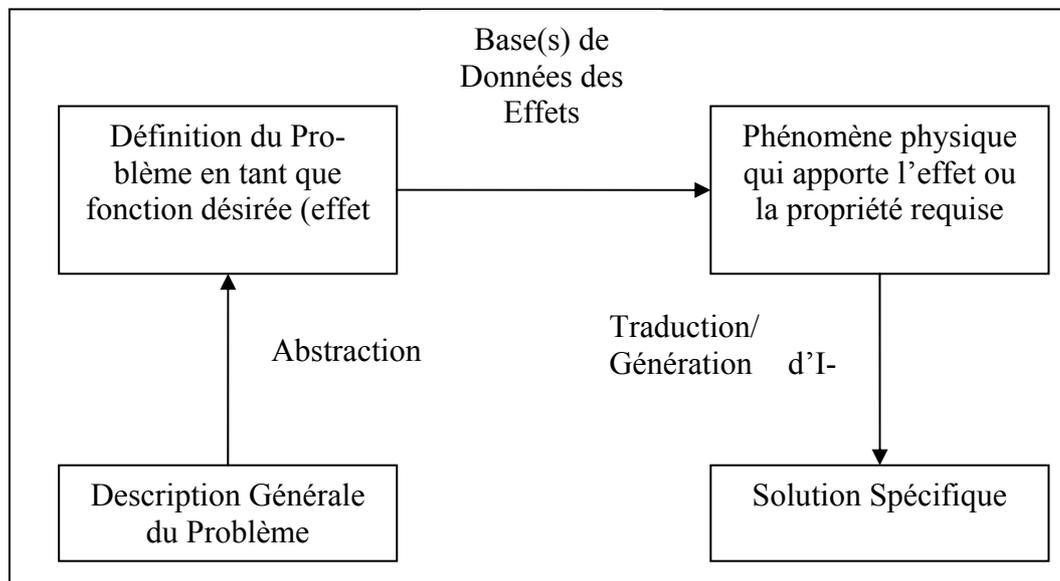


Effets Géométriques : organisent et redistribuent les flux d'énergie et les substances déjà disponibles dans le système.

Les Effets Géométriques commencent là où les Effets Physiques et Chimiques s'arrêtent.

Remarque : Dans la littérature TRIZ, les études les plus complètes et les plus reconnues des Effets Géométriques (EG) ont été publiées par Vikentiev.

Modèle



Méthode

Les phénomènes physiques qui entraînent les « effets ou propriétés requises » suivantes ont été rassemblés :

(Voir Annexe).

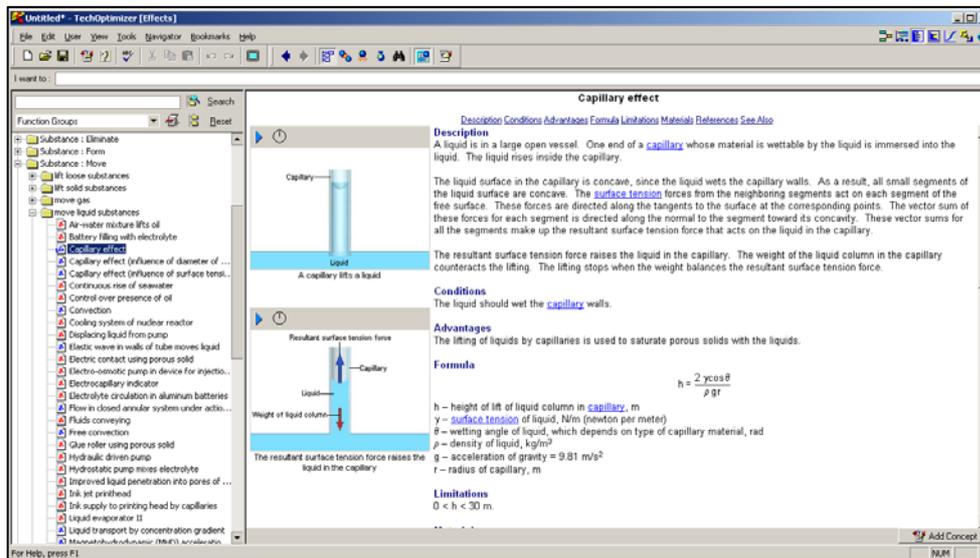
1. Mesurer la température
2. Réduire la température
3. Augmenter la température
4. Stabiliser la température
5. Localiser un objet
6. Déplacer un objet
7. Déplacer un liquide ou un gaz
8. Déplacer un aérosol (particules de poussière, fumée, brume, etc.)
9. Former des mélanges
10. Séparer des mélanges
11. Stabiliser la position d'un objet
12. Générer et/ou manipuler la force
13. Changer la friction
14. Écraser des objets
15. Accumuler de l'énergie mécanique et thermique
16. Transférer de l'énergie par déformation mécanique, thermique, électrique ou par radiation.
17. Influencer un objet mobile
18. Mesurer les dimensions
19. Varier les dimensions
20. Détecter les propriétés et/ou conditions de surface
21. Varier les conditions de surface



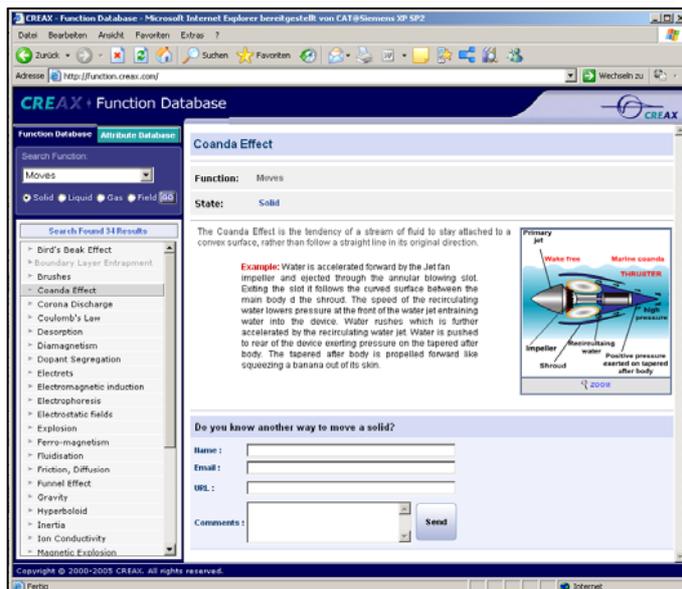
22. Détecter les propriétés et/ou conditions de volume
23. Varier les conditions de volume
24. Développer certaines structures, stabiliser la structure
25. Détecter des champs électriques et magnétiques
26. Détecter une radiation
27. Générer une radiation électromagnétique
28. Contrôler des champs électromagnétiques
29. Contrôler la lumière, moduler la lumière
30. Initier et intensifier des réactions chimiques

Plusieurs logiciels et outils online ont été développés dans ce domaine :

Software Invention Machine Inc. : TechOptimizer/Goldfire Innovator



Function Database CREAX : <http://fuction.creax.com>



5.5. Ressources Substance-Champ

Définition

Lors de la résolution d'un problème, TRIZ recommande l'utilisation de ressources substance-champ internes, externes, dérivés et complexes du système existant. Cela répond aux exigences d'un système idéal et mène au meilleur résultat sous la forme de solutions fortes qui requièrent une reconstruction minimale.

Une fois votre système technique identifié et votre contradiction définie, vous devez découvrir quelles ressources sont à votre disposition pour surmonter la contradiction. Pour résoudre la contradiction, TRIZ recommande d'utiliser les ressources Substance-Champ du système existant. Cela répond aux exigences d'un système idéal.

Dans TRIZ, une ressource est tout ce qui peut être appliqué pour résoudre un problème et améliorer le système à peu de frais. Les ressources doivent être faciles à obtenir, elles doivent être gratuites ou peu onéreuses. Les ressources peuvent être internes ou externes au système ou au super-système. Les ressources peuvent être des substances ou des champs. D'autres ressources comprennent l'espace et le temps, voire d'autres systèmes à proximité.

L'identification de ces ressources offre de nombreuses possibilités de concepts de résolution prêts à être développés. Chaque ressource est une solution potentielle à votre problème. Plus le nombre de ressources à disposition est élevé, plus l'espace de résolution pour générer davantage de concepts est grand.

Les ressources d'un système existant et ses éléments sont la base des solutions les plus fortes et les plus efficaces. L'identification de ces ressources offre de nombreuses possibilités de concepts de résolution prêts à être développés. Chaque ressource est une solution potentielle à votre problème. Plus le nombre de ressources à disposition est élevé, plus l'espace de résolution pour générer davantage de concepts est grand. Lorsque nous utilisons les ressources, nous n'avons pas besoin d'ajouter « quelque chose » d'externe au système et nous pouvons obtenir de très bons résultats.

Les ressources peuvent également jouer un rôle important dans deux autres concepts de TRIZ :

- l'utilisation de l'Opérateur Système pour guider/améliorer la recherche de ressources
- la recherche de ressources comme moyen de reformuler une contradiction physique (voir ARIZ Partie 3).

Modèle

Quels types de ressources sont utilisés pour la résolution de problèmes ? Les ressources peuvent être réparties en : substances, énergie, espace, temps, fonction, informations et ressources combinées.

Les ressources substance sont toutes les substances et propriétés de substances (par ex. transition de phase, points de curie, conductivité thermique/électrique/optique ...etc.) utilisées dans le système analysé et dans l'environnement externe.

Les ressources énergie sont tous les types et champs d'énergie connus (champs électriques, électromagnétiques, thermiques, etc.). Ces ressources sont déjà présentes dans le système amélioré ou dans l'environnement externe dans lequel se situe le système.

Les ressources espace que nous percevons comme un espace inoccupé ou « vide » et qui peuvent être utilisées pour modifier le système initial pour augmenter son efficacité et sa fonctionnalité.

Les ressources temps sont, tout d'abord, le temps qui précède le début d'un processus principal de production et, ensuite, il peut s'agir du temps entre les différentes étapes du processus de production. Les deux intervalles peuvent être utilisés pour améliorer l'opération basique du système.

Les ressources information sont généralement utilisées pour résoudre des problèmes de mesure, de détection et de séparation. C'est pourquoi, les ressources information concernent les paramètres de substances, champs, changements de propriétés ou bien les objets. Ainsi, plus nous détectons les différences entre une substance et une autre, plus la mesure ou la détection peut être efficace.



Les ressources fonctionnelles sont une opportunité d'utiliser les fonctions connues de l'objet pour un but différent, ou la détection d'une nouvelle fonction dans le système. La possibilité de remplir des fonctions additionnelles après quelques changements est également une ressource fonctionnelle. C'est une utilisation de la ressource très précieuse car la connaissance et l'application des différentes caractéristiques ou propriétés de caractéristiques avec une nouvelle fonction de la même substance peut résulter en une invention très importante.

Remarque : la recherche de ressources fonctionnelles peut parfois provoquer une certaine confusion car la plupart d'entre elles sont déjà listées.

Les **ressources combinées** sont la combinaison des ressources primaires listées ci-dessus. Parfois, il n'y a pas de ressource dans le système présentant la propriété requise pour la résolution du problème. Nous pouvons facilement corriger cela en changeant les substances existantes dans le système. Nous savons ainsi qu'un liquide peut devenir une substance solide en fonction de la température, et inversement (eau- glace, glace-eau), que le fer peut devenir un aimant et que les substances solides peuvent changer de dimensions lorsqu'elles sont chauffées ou refroidies.

Comment utiliser les ressources pour résoudre un problème :

Voici un bref plan pouvant être recommandé pour l'utilisation des ressources :

Formulez le problème ;

Composez une liste de ressources dans l'ordre suivant : interne, externe, d'un dérivé et complexe ;

Définissez le type de ressource nécessaire à la résolution du problème ;

Estimez chacune des ressources disponibles et les effets de leur utilisation ;

Proposez une utilisation de la ressource trouvée.

Méthode

Voir Annexe Ressources Substance-Champ

L'Opérateur Système est un outil utile pour la recherche de ressources car il effectue un scan systématique du système, de ses parties et de son environnement dans son cycle de vie complet.

5.6 Annexes

5.6.1 Les 40 Principes Inventifs

Source : G. Altshuller – Lev Shulyak, Steven Rodman, *The Innovation Algorithm, TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity*, Technical Innovation Center, 2000)



Principe 01 – Segmentation

- A. Divisez un objet en parties indépendantes
- B. Réaliser un objet facile à démonter
- C. Accroître le degré de segmentation ou de fragmentation

Principe 02 – Extraction (Extraire, Sortir, Supprimer, Enlever)

- A. Extraire de l'objet une partie ou une de ses propriétés perturbatrices
- B. Extraire ou isoler seulement la propriété ou la partie utile

Principe 03 – Qualité Locale

- A. Passer d'une structure homogène d'un objet à une structure non homogène, ou passer d'un environnement (ou d'une action externe) homogène à un environnement non homogène
- B. Faire en sorte que chaque partie de l'objet réalise une fonction différente dans les meilleures conditions possibles.
- C. Chaque partie d'un objet doit être placée dans les conditions qui sont les plus favorables à son opération.

Principe 04 – Asymétrie

- A. Remplacer la(les) forme(s) symétrique(s) d'un objet en une forme asymétrique.
- B. Si un objet est déjà asymétrique, renforcer son asymétrie.

Principe 05 – Consolidation (Fusion)

- A. Grouper ou fusionner les objets identiques ou similaires (homogènes), assembler les parties identiques destinées à des opérations parallèles ou contigües.
- B. Regrouper dans le temps les opérations homogènes ou contigües.

Principe 06 – Universalité

- A. Un objet peut réaliser plusieurs fonctions ; d'autres éléments peuvent donc être supprimés.

Principe 07 – Inclusion (Matrioshka – « Poupée russe »)

- A. Un objet est placé dans un autre objet. Cet objet est placé dans un troisième objet, etc.
- B. Un objet passe dans un autre objet par une cavité.

Principe 08 – Contrepoids (Anti-poids)

- A. Compenser la masse d'un objet par combinaison avec un autre objet possédant une force ascensionnelle.
- B. Compenser la masse d'un objet grâce aux forces aérodynamiques ou hydrodynamiques influencées par l'environnement extérieur.

Principe 09 – Action Contraire Préliminaire (anti-action Préliminaire)

- A. Si un objet doit supporter des tensions indésirables, le soumettre à une tension préalable contraire pour compenser la tension excessive et indésirable.

Principe 10 – Action préliminaire

- A. Réaliser un changement entièrement ou partiellement avant qu'il ne soit nécessaire.
- B. Pré-positionner les objets en avance pour qu'ils entrent en action immédiatement à partir de l'endroit le plus pratique.

Principe 11 – Protection Préliminaire

A. Compenser le manque de fiabilité relative d'un objet par des mesures d'urgence réalisées par avance.

Principe 12 – Équipotentialité

A. Changer les conditions de travail pour éviter de devoir lever ou baisser un objet.

Principe 13 – Inversion (« Dans l'autre sens »)

A. Inverser l'action normalement utilisée pour résoudre le problème (par ex. refroidir au lieu de chauffer).

B. Rendre fixes les parties mobiles d'un objet ou de l'environnement extérieur et mobiles les parties fixes.

C. Retourner l'objet

Principe 14 – Sphéricité (Curvilignes)

A. Remplacer les droites par des courbes, les plans par des hémisphères, les cubes par des sphères.

B. Utiliser des rouleaux, balles, spirales.

C. Remplacer les mouvements linéaires par des rotations, utiliser les forces centrifuges.

Principe 15 – Dynamisme

A. Ajuster les caractéristiques d'un objet ou de l'environnement extérieur pour rendre son action optimale ou pour se placer dans les meilleures conditions opératoires.

B. Si un objet est fixe, le rendre mobile. Le rendre interchangeable.

C. Diviser un objet en éléments capables de changer leur position relative les uns par rapport aux autres.

Principe 16 – Action Partielle ou Excessive

A. S'il est difficile d'obtenir le résultat désiré à 100%, réaliser plus ou moins l'effet désiré.

Principe 17 – Transition vers une Nouvelle Dimension (un Autre Dimension)

A. Transformer le mouvement ou le placement d'objet dans une dimension dans deux dimensions, trois dimensions, etc.

B. Utiliser un assemblage multicouche d'objets.

C. Incliner l'objet, le positionner sur un de ses cotés.

D. Utiliser la face opposée à celle utilisée

E. Utiliser des flux optiques dirigés sur une surface voisine ou sur la face opposée à celle utilisée

Principe 18 –Vibration Mécanique

A. Utiliser l'oscillation.

B. Si l'oscillation existe déjà, augmenter la fréquence jusqu'aux ultra sons.

C. Utiliser la fréquence de résonance.

D. Remplacer les vibrations mécaniques par des vibrations piézoélectriques.

E. Combiner les ultrasons et les champs électromagnétiques

Principe 19 –Action Périodique

A. Remplacer une action continue par une action périodique ou par une impulsion.

B. Si l'action est déjà périodique, modifier sa fréquence.

C. Utiliser les pauses entre les impulsions pour réaliser une autre action

Principe 20 – Continuité d'une Action Utile

- A. Travailler en continu. Toutes les parties de l'objet doivent travailler à plein régime en permanence.
- B. Éliminer les temps morts, les marches à vide, les actions intermittentes
- C. Remplacer un mouvement « aller-retour » par une rotation.

Principe 21 – Grande Vitesse (Sauter)

- A. Réaliser les opérations néfastes ou dangereuses à grande vitesse

Principe 22 – Convertir un Effet Néfaste en Bénéfice (« Bénédiction Déguisée » ou « Transformer les Citrons en Limonade »)

- A. Utiliser les effets nuisibles - notamment ceux de l'environnement - pour obtenir un effet positif.
- B. Éliminer un facteur nuisible en le combinant avec d'autres facteurs néfastes.
- C. Amplifier un effet nuisible jusqu'à ce qu'il cesse d'être néfaste

Principe 23 – Asservissement

- A. Introduire un asservissement.
- B. Si un asservissement existe déjà, le changer.

Principe 24 – Médiateur (« Intermédiaire »)

- A. Utiliser un objet ou procédé intermédiaire pour transmettre l'action.
- B. Combiner temporairement l'objet à un autre, lequel devra pouvoir être enlevé facilement.

Principe 25 – Self-service

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

Principe 26 – Copie

- A. Utiliser des copies simplifiées et bon marché plutôt qu'un objet complexe, cher, fragile et peu pratique à utiliser.
- B. Si des copies optiques sont déjà utilisées, passer à des copies dans l'infrarouge ou l'ultra-violet
- C. Remplacer un objet (ou un système d'objets) par son image optique. L'image peut ensuite être réduite ou agrandie.

Principe 27 – Éphémère et Bon Marché (Objets Éphémères et Bon Marché)

- A. Remplacer un objet cher par un objet bon marché, en compromettant d'autres propriétés (par ex. la longévité).

Principe 28 – Remplacement d'un Système Mécanique (Substitution Mécanique)

- A. Remplacer un système mécanique par un système optique, acoustique, thermique ou olfactif
- B. Utiliser des champs électriques, magnétiques, électromagnétiques pour interagir avec l'objet.
- C. Remplacer les champs qui sont :
 - o Stationnaires par des champs mobiles
 - o Stationnaires par des champs mobiles dans le temps
 - o Structurés au hasard par des champs structurés.
- D. Utiliser des champs en combinaison avec des particules ferromagnétiques.

Principe 29 – Constructions Pneumatiques ou Hydrauliques (Pneumatique et Hydraulique)

- A. Remplacer les parties solides d'un objet par du gaz ou du liquide : objets gonflables (à air ou eau), coussin d'air ou coussins hydrostatiques.

Principe 30 – Membranes Flexibles ou Films Minces (Coques Flexibles et Films Minces)

- A. Remplacer les structures habituelles par des membranes flexibles et des films minces
- B. Isoler l'objet de son environnement en utilisant des membranes flexibles ou des films minces

Principe 31 – Matériau Poreux

- A. Rendre un objet poreux ou lui adjoindre des éléments poreux (inserts, revêtement, ..)
- B. Si l'objet est déjà poreux, remplir préalablement les porosités d'une substance.

Principe 32 – Changement de couleur

- A. Modifier la couleur d'un objet ou de son environnement
- B. Modifier le degré de transparence d'un objet ou de son environnement
- C. Utiliser des colorants (additifs) pour observer des objets ou processus difficiles à observer
- D. Si de tels additifs sont déjà utilisés, utiliser des atomes repérables

Principe 33 – Homogénéité

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

Principe 34 – Rejeter et Régénérer des Pièces (Éliminer et Récupérer)

- A. Éliminer (par dissolution, évaporation, ...) les parties de l'objet qui ont fini de remplir leurs fonctions ou les modifier directement pendant l'opération
- B. Inversement, régénérer ou récupérer les consommables directement pendant l'opération

Principe 35 – Transformation des Propriétés (Changement de paramètre)

- A. Changer de phase (solide, liquide, gazeux)
- B. Changer la concentration ou la densité
- C. Changer le degré de flexibilité
- A. Changer la température ou le volume.

Principe 36 – Changement de Phase

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

Principe 37 – Dilatation Thermique

- A. Utiliser la dilatation ou la contraction thermique des matériaux en modifiant leur température.
- B. Utiliser plusieurs matériaux aux coefficients de dilatation thermique différents

Principe 38 – Oxydation Accélérée (Oxydants Puissants)

- A. Réaliser une transition d'un niveau d'oxydation au niveau directement supérieur :
 - o Remplacer l'air ambiant par l'air enrichi oxygène
 - o Remplacer l'air enrichi en oxygène par de l'oxygène pur
 - o Exposer l'air ou l'oxygène à des radiations ionisantes
 - o Utiliser de l'oxygène ionisé
 - o Remplacer l'oxygène par de l'ozone
 - o Remplacer l'oxygène ozonisé par de l'ozone
 - o Remplacer l'ozone par de l'oxygène singulet

Principe 39 – Environnement Inerte (Atmosphère Inerte)

- A. Remplacer l'environnement normal par un environnement inerte.
- B. Ajouter des éléments neutres ou des additifs inertes à un objet.
- C. Réaliser le processus sous vide.

Principe 40 – Matériaux Composites

- A. Remplacer les matériaux homogènes par des matériaux composites

5.6.2 Les 39 Paramètres Techniques

Les 39 Paramètres / Caractéristiques Techniques

Source :

G. Altshuller – Lev Shulyak, Steven Rodman, *The Innovation Algorithm, TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity, Technical Innovation Center, 2000*)



PT 01 – Masse d'un objet mobile

La force mesurable, résultant de la gravité, qu'un corps exerce sur la surface et qui l'empêche de tomber. Un objet mobile est un objet qui change de position tout seul ou en raison d'une force externe.

PT 02 – Masse d'un objet statique

La force mesurable, résultant de la gravité, qu'un corps exerce sur la surface et qui l'empêche de tomber. Un objet statique est un objet qui ne peut pas changer de position tout seul ou en raison d'une force externe.

PT 03 – Longueur d'un objet mobile

La mesure linéaire de la longueur, de la hauteur ou de la largeur dans la direction du mouvement observé de cet objet. Le mouvement peut être causé par des forces internes ou externes.

PT 04 – Longueur d'un objet statique

La mesure linéaire de la longueur, de la hauteur ou de la largeur d'un objet dans la direction vers laquelle aucun mouvement n'est effectué.

PT 05 – Surface d'un objet mobile

La mesure de surface de tout plan ou portion de plan d'un objet qui change de position dans l'espace lorsque des forces internes ou externes sont exercées sur lui.

PT 06 – Surface d'un objet statique

La mesure de surface de tout plan ou portion de plan d'un objet qui ne peut pas changer de position dans l'espace lorsque des forces internes ou externes sont exercées sur lui.

PT07 – Volume d'un objet mobile

La mesure de volume d'un objet qui change de position dans l'espace lorsque des forces internes ou externes sont exercées sur lui.

PT08 – Volume d'un objet statique

La mesure de volume d'un objet qui ne peut pas changer de position dans l'espace lorsque des forces internes ou externes sont exercées sur lui.

PT09 – Vitesse

Le taux auquel une action ou un processus est réalisé dans le temps.

PT10 – Force

La capacité qui entraîne un changement physique sur un objet ou un système. Le changement peut être total ou partiel et permanent ou temporaire.

PT11 – Tension/Pression

L'intensité de forces qui s'exercent sur un objet ou un système mesurée selon la compression ou la tension par unité de surface.

PT12 – Forme

L'apparence extérieure ou la silhouette d'un objet ou d'un système. La forme peut être totale ou partielle et peut présenter des changements permanents ou temporaires en raison des forces s'exerçant sur l'objet ou le système.

PT13 – Stabilité de l'objet

La résistance d'un objet ou système entier au changement causé par les interactions de ses objets ou systèmes associés.

PT 14 – Résistance

Dans des conditions et des limites que l'on peut définir, l'aptitude d'un objet ou système à absorber les effets de la force, de la vitesse, de la tension, etc. sans casser.

PT 15 – Longévité d'un objet mobile

La durée pendant laquelle un objet qui change de position dans l'espace est capable de remplir sa fonction avec succès.

PT 16 – Longévité d'un objet statique

La durée pendant laquelle un objet qui ne change pas de position dans l'espace est capable de remplir sa fonction avec succès.

PT 17 – Température

La perte ou l'ajout de chaleur à un objet ou un système pendant les fonctions requises, qui peut entraîner des changements potentiellement indésirables aux objets, systèmes ou à la production.

PT 18 – Luminosité

Le taux d'énergie lumineuse pour chauffer la surface illuminée par ou dans un système. La luminosité inclut la qualité de la lumière, le degré d'illumination et d'autres caractéristiques de la lumière.

PT 19 – Énergie dépensée par un objet mobile

Les exigences énergétiques d'un objet ou d'un système qui change de position dans l'espace par ses propres moyens ou mû par des forces externes.

PT 20 – Énergie dépensée par un objet statique

Les exigences énergétiques d'un objet ou d'un système qui ne change pas de position dans l'espace en présence de forces externes.

PT 21 – Puissance

Le taux de travail au moment de réaliser ce travail. Utilisé pour mesurer le temps nécessaire, mais de potentiels changements indésirables inévitables dans un objet ou un système sous conditions définies.

PT 22 – Gaspillage d'énergie

Incapacité accrue d'un objet ou d'un système à exercer une force, notamment lorsqu'aucun travail ou produit n'est réalisé.

PT 23 – Gaspillage de substance

Diminution ou élimination de matériau d'un objet ou d'un système, notamment lorsqu'aucun travail ou produit n'est réalisé.

PT 24 – Perte d'information

Diminution ou élimination de données ou d'informations d'un système.

T25 – Perte de temps

Augmentation de la durée nécessaire à réalisation d'une action donnée.

PT26 – Quantité de substance

Le nombre d'éléments ou la quantité d'un élément utilisé pour créer un objet ou un système.

PT27 – Fiabilité

La capacité d'un objet ou d'un système à réaliser sa fonction requise de manière adéquate pendant une période ou un cycle donné.

PT28 – Précision de mesure

Le degré auquel la mesure est proche de la valeur réelle de la quantité mesurée.

PT29 – Précisions de fabrication

Le degré de correspondance entre les éléments d'un objet ou d'un système et son cahier des charges.

PT30 – Facteurs néfastes agissant sur l'objet

Influences produites de manière externe agissant sur un objet ou un système et qui réduisent l'efficacité ou la qualité.

PT31 – Facteurs néfastes induits

Influences produites de manière interne agissant sur un objet ou un système et qui réduisent l'efficacité ou la qualité

PT32 – Facilité de réalisation

La commodité et la facilité avec lesquelles un objet ou un système est produit.

PT33– Facilité d'utilisation

La commodité et la facilité avec lesquelles un objet ou un système est utilisé.

PT34 – Aptitude à la réparation

La commodité et la facilité avec lesquelles un objet ou un système est restauré pour être à nouveau en état de fonctionner après un endommagement ou une utilisation intensive.

PT35 – Adaptabilité

L'aptitude d'un objet ou d'un système à changer de forme ou à se réorganiser lorsque les conditions externes (environnement, fonction, etc.) changent.

PT36 – Complexité du produit

La quantité et la diversité des éléments formant l'objet ou le système, y compris la relation entre les éléments. La complexité peut également décrire la difficulté que représente la maîtrise d'un objet ou d'un système.

PT37 – Complexité de contrôle

La quantité et la diversité des éléments utilisés pour mesurer et contrôler un objet ou un système, ainsi que le coût que représente la mesure avec une erreur acceptable.

PT38 – Degré d'automatisation

La capacité d'un objet ou d'un système de réaliser des opérations sans interaction humaine.

PT39 – Productivité

La relation entre le nombre de fois qu'une opération est réalisée et la durée nécessaire pour le faire.
the capacity to cause physical change in an object or system. The change may be full or partial, and permanent or temporary.

5.6.3. – La Matrice d’Altshuller

Partie 1/2

↓ Paramètres Utiles/Caractéristiques à améliorer/Caractéristiques qui s’améliorent
 → Paramètres Néfastes/Résultat Non Désiré/Caractéristiques qui se dégrade



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
|--|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------------------|---|------------------|
| harmful parameter → useful parameter | weight of mobile object | weight of stationary object | length of mobile object | length of stationary object | area of mobile object | area of stationary object | volume of mobile object | volume of stationary object | velocity | force | tension/ pressure | shape | stability of composition | strength | durability of mobile object | durability of stationary object | temperature | lumination | energy consumption of mobile object | energy consumption of stationary object | |
| 1 weight of mobile object | + | - | 15, 8, 29, 34 | - | 29, 17, 38, 34 | - | 29, 2, 40, 28 | - | 2, 8, 15, 38 | 8, 10, 18, 37 | 10, 36, 37, 40 | 10, 14, 37, 40 | 1, 35, 19, 39 | 28, 27, 18, 40 | 5, 34, 31, 35 | - | 6, 29, 4, 38 | 19, 1, 32 | 35, 12, 34, 31 | - | |
| 2 weight of stationary object | - | + | - | 10, 1, 29, 35 | - | 35, 30, 13, 2 | - | 5, 35, 14, 2 | - | 8, 10, 19, 35 | 13, 29, 10, 18 | 13, 10, 29, 14 | 26, 39, 1, 40 | 28, 2, 10, 27 | - | 2, 27, 19, 6 | 28, 19, 32, 2 | 19, 32, 35 | - | 18, 19, 28, 1 | |
| 3 length of mobile object | 8, 15, 29, 34 | - | + | - | 15, 17, 4 | - | 7, 17, 4, 35 | - | 13, 4, 8 | 17, 10, 4 | 1, 8, 35 | 1, 8, 10, 29 | 1, 8, 15, 34 | 8, 35, 29, 34 | 19 | - | 10, 15, 19 | 32 | 8, 35, 24 | - | |
| 4 length of stationary object | - | 35, 28, 40, 29 | - | + | - | 17, 7, 10, 40 | - | 35, 8, 2, 14 | - | 28, 10 | 1, 14, 35 | 13, 14, 15, 7 | 39, 37, 35 | 15, 14, 28, 26 | - | 1, 10, 35 | 3, 35, 38, 18 | 3, 25 | - | - | |
| 5 area of mobile object | 2, 17, 29, 4 | - | 14, 15, 18, 4 | - | + | - | 7, 14, 17, 4 | - | 29, 30, 4, 34 | 19, 30, 35, 2 | 10, 15, 5, 34 | 5, 34, 29, 4 | 11, 2, 13, 39 | 3, 15, 40, 14 | 6, 3 | - | 2, 15, 16 | 15, 32, 19, 13 | 19, 32 | - | |
| 6 area of stationary object | - | 30, 2, 14, 18 | - | 26, 7, 9, 39 | - | + | - | - | - | 1, 18, 35, 36 | 10, 15, 36, 37 | - | 2, 38 | 40 | - | 2, 10, 19, 30 | 35, 39, 38 | - | - | - | |
| 7 volume of mobile object | 2, 26, 29, 40 | - | 1, 7, 4, 35 | - | 1, 7, 4, 17 | - | + | - | 29, 4, 38, 34 | 15, 35, 36, 37 | 6, 35, 36, 35 | 1, 15, 29, 4 | 28, 10, 15, 7 | 9, 14, 15, 7 | 6, 35, 4 | - | 34, 39, 36, 2 | 2, 13, 10 | 35 | - | |
| 8 volume of stationary object | - | 35, 10, 19, 14 | 19, 14 | 35, 8, 2, 14 | - | - | - | + | - | 2, 18, 37 | 24, 35, 7, 2, 35 | - | 34, 28, 17, 15 | 35, 40 | - | 35, 34, 38 | 35, 6, 4 | - | - | - | |
| 9 velocity | 2, 28, 13, 38 | - | 13, 14, 18 | - | 29, 30, 34 | - | 7, 29, 34 | - | + | 13, 28, 15, 19 | 6, 18, 38, 40 | 35, 15, 18, 34 | 28, 33, 1, 18 | 8, 3, 3, 19 | 3, 19, 35, 5 | - | 28, 30, 36, 2 | 10, 13, 19 | 8, 15, 35, 8 | - | |
| 10 force | 8, 1, 37, 18 | 17, 13, 1, 28 | 17, 19, 9, 36 | 28, 10 | 19, 10, 15 | 1, 18, 15 | 15, 9, 12, 37 | 2, 36, 18, 37 | 13, 28, 15, 12 | + | 18, 21, 11 | 10, 35, 40, 34 | 35, 10, 21 | 35, 10, 14, 27 | 19, 2 | - | 35, 10, 19, 2 | - | 19, 17, 10 | 1, 16, 36, 37 | |
| 11 tension/ pressure | 10, 36, 37, 40 | 13, 29, 10, 18 | 35, 10, 36 | 35, 1, 14, 16 | 10, 15, 36, 28 | 10, 15, 36, 37 | 6, 35, 10 | 35, 24 | 6, 35, 21 | 36, 35, 21 | + | 35, 4, 15, 10 | 35, 33, 2, 40 | 9, 18, 3, 40 | 19, 3 | - | 35, 39, 19, 2 | - | 14, 24, 10, 37 | - | |
| 12 shape | 9, 10, 29, 40 | 15, 10, 26, 3 | 29, 34, 5, 4 | 13, 14, 10, 7 | 5, 34, 4, 10 | 14, 4, 15, 22 | 7, 2, 35 | 35, 15, 34, 18 | 35, 10, 37, 40 | 34, 15, 37, 40 | 10, 14 | + | 33, 1, 18, 4 | 30, 14, 10, 40 | 14, 26, 9, 25 | 39, 3, 35, 23 | 22, 14, 19, 32 | 13, 15, 2, 6, 34, 32, 14 | 27, 4, 29, 18 | - | |
| 13 stability of composition | 21, 35, 2, 39 | 26, 39, 1, 40 | 13, 15, 1, 28 | 37 | 2, 11, 1, 28 | 39 | 28, 10, 13, 39 | 34, 28, 35, 40 | 33, 15, 28, 18 | 10, 35, 21, 16 | 2, 35, 19, 4 | 22, 1, 19, 4 | + | 17, 9, 15 | 13, 27, 10, 35 | 39, 3, 35, 23 | 35, 1, 32, 27, 16 | 13, 19, 35, 10 | 27, 4, 29, 18 | - | |
| 14 strength | 1, 8, 40, 15 | 40, 26, 27, 1 | 1, 15, 8, 35 | 28, 26, 40, 29 | 3, 17, 19 | - | 10, 2, 19, 30 | - | 3, 35, 5, 16 | 19, 2, 16 | 19, 3, 27 | 14, 26, 28, 25 | 13, 3, 35 | 27, 3, 10 | + | - | 19, 35, 39 | 4, 35, 35, 18 | - | - | |
| 15 durability of mobile object | 19, 5, 34, 31 | - | 2, 19, 9 | - | 3, 17, 19 | - | 10, 2, 19, 30 | - | 35, 34, 38 | - | - | 39, 3, 35, 23 | - | - | - | + | 19, 18, 36, 40 | - | - | - | |
| 16 durability of stationary object | - | 6, 27, 19, 16 | - | 1, 40, 35 | - | - | - | - | - | 2, 28, 36, 30 | 35, 10, 3, 21 | 14, 22, 19, 32 | 1, 35, 32 | 10, 30, 22, 40 | 19, 13, 39 | 19, 18, 36, 40 | + | 32, 30, 21, 16 | 19, 15, 3, 17 | - | |
| 17 temperature | 36, 22, 6, 38 | 22, 35, 32 | 15, 19, 9 | 3, 35, 39, 18 | 35, 38 | 34, 39, 40, 18 | 35, 6, 4 | - | 10, 13, 26, 19 | 16, 6 | 19, 2 | 32, 30 | 32, 3, 27 | 35, 19, 2, 19, 6 | - | - | 32, 35, 19 | + | 32, 30, 21, 16 | - | |
| 18 lumination | 19, 1, 32 | 2, 35, 32 | 19, 32, 16 | - | 15, 19, 26 | - | 35, 13, 18 | - | 8, 35, 19 | 16, 23, 14, 19 | 12, 2, 29 | 19, 13, 17, 24 | 5, 19, 9, 35 | 5, 19, 28, 35, 6, 18 | - | - | 32, 35, 19 | + | 32, 1, 19 | 32, 35, 1, 15 | |
| 19 energy consumption of mobile object | 12, 18, 2, 8, 31 | - | 12, 28 | - | 15, 19, 25 | - | 35, 13, 18 | - | 8, 35, 19 | 16, 23, 14, 19 | 12, 2, 29 | 19, 13, 17, 24 | 5, 19, 9, 35 | 5, 19, 28, 35, 6, 18 | - | - | 32, 35, 19 | + | 32, 1, 19 | 32, 35, 1, 15 | |
| 20 energy consumption of stationary object | - | 19, 9, 6, 27 | - | - | - | - | - | - | - | 36, 37 | - | 27, 4, 29, 18 | 35 | 26, 10, 10, 38 | 16 | - | 2, 14, 17, 25 | 16, 6, 19, 19, 37 | - | + | |
| 21 power | 8, 36, 38, 31 | 19, 26, 17, 27 | 1, 10, 35, 37 | - | 19, 38 | 17, 32, 13, 38 | 35, 6, 25 | 30, 6, 2 | 15, 35, 2, 36, 35 | 22, 10, 35 | 29, 14, 2, 40 | 35, 32, 15, 31 | 26, 10, 28, 10, 38 | - | - | 16 | 2, 14, 17, 25 | 16, 6, 19, 19, 37 | - | - | |
| 22 waste of energy | 15, 6, 19, 28 | 19, 6, 18, 9 | 7, 2, 6, 13 | 6, 38, 7 | 15, 26, 17, 30 | 17, 7, 30, 18 | 7, 18, 23 | 7, 16, 35, 38 | 16, 35, 38 | 14, 15, 18, 40 | 3, 36, 37, 10 | 29, 35, 3, 5 | 2, 14, 30, 40 | 35, 28, 31, 40 | 28, 27, 3, 18 | 27, 16, 10, 38 | 21, 36, 39, 31 | 1, 6, 13 | 35, 18, 24, 5 | 28, 27, 12, 31 | |
| 23 waste of substance | 35, 6, 23, 40 | 35, 6, 22, 32 | 14, 29, 10, 39 | 28, 24, 30, 26 | 10, 31 | 10, 18, 39, 31 | 1, 29, 30, 36 | 3, 39, 18, 31 | 10, 38, 28, 38 | 14, 15, 18, 40 | 3, 36, 37, 10 | 29, 35, 3, 5 | 2, 14, 30, 40 | 35, 28, 31, 40 | 28, 27, 3, 18 | 27, 16, 10, 38 | 21, 36, 39, 31 | 1, 6, 13 | 35, 18, 24, 5 | 28, 27, 12, 31 | |
| 24 loss of information | 10, 24, 35 | 10, 20, 26, 5 | 1, 26, 29, 14 | 26, 30, 26 | 30, 16 | 2, 22, 26, 32 | - | - | 10, 37, 36, 5 | 37, 34, 17 | 4, 10, 34, 17 | 35, 3, 22, 5 | 29, 3, 28, 18 | 20, 10, 28, 18 | 28, 20, 10, 16 | 35, 29, 21, 18 | 35, 29, 21, 18 | 1, 19, 26, 17 | 35, 38, 19, 18 | 1 | |
| 25 waste of time | 10, 20, 37, 35 | 10, 20, 26, 5 | 15, 2, 29 | 30, 24, 14, 5 | 26, 4, 5, 16 | 17, 4, 34, 10 | 2, 5, 34, 10 | 35, 16, 32, 18 | 10, 37, 36, 5 | 37, 34, 17 | 4, 10, 34, 17 | 35, 3, 22, 5 | 29, 3, 28, 18 | 20, 10, 28, 18 | 28, 20, 10, 16 | 35, 29, 21, 18 | 35, 29, 21, 18 | 1, 19, 26, 17 | 35, 38, 19, 18 | 1 | |
| 26 amount of substance | 35, 6, 18, 31 | 27, 26, 18, 35 | 29, 14, 35, 18 | - | 15, 14, 29, 40 | 2, 18, 29 | 15, 20, 29 | 35, 29, 34, 28 | 10, 36, 14, 3 | 10, 36, 14, 3 | 35, 14 | 15, 2, 14, 35, 17, 40 | 14, 35, 10, 40 | 3, 35, 10, 40 | 3, 35, 10, 40 | 3, 35, 10, 40 | 3, 35, 10, 40 | 3, 35, 10, 40 | 3, 35, 10, 40 | 3, 35, 10, 40 | 3, 35, 10, 40 |
| 27 reliability | 3, 8, 10, 40 | 3, 10, 8, 28 | 15, 9, 14, 4 | 15, 29, 28, 11 | 17, 10, 14, 16 | 32, 35, 14, 14 | 3, 10, 14, 24 | 2, 35, 11, 28 | 21, 35, 11, 28 | 8, 28, 10, 3 | 10, 24, 35, 19 | 35, 1, 16, 11 | 11, 28 | 2, 35, 3, 25 | 6, 28, 6, 40 | 2, 35, 3, 25 | 6, 28, 6, 40 | 6, 19, 6, 10 | 11, 32, 10, 13 | 21, 11, 27, 19 | 36, 23 |
| 28 accuracy of measurement | 32, 35, 26, 28 | 28, 35, 25, 26 | 28, 26, 5, 16 | 32, 28, 3, 16 | 26, 28, 32, 3 | 26, 28, 32, 3 | 32, 13, 6 | 25, 10, 32, 24 | 28, 13, 32, 24 | 6, 28, 6, 28 | 6, 28, 6, 28 | 32, 35, 13 | 28, 6, 13 | 28, 6, 32 | 28, 6, 32 | 24 | 28, 6, 32 | 6, 19, 6, 10 | 11, 32, 10, 13 | 3, 6, 32 | - |
| 29 manufacturing precision | 28, 32, 13, 18 | 28, 35, 27, 9 | 10, 28, 29, 37 | 2, 32, 29, 32 | 28, 33, 2, 29, 18, 36 | 2, 29, 18, 36 | 32, 23, 2 | 25, 10, 32, 24 | 10, 28, 32, 2 | 28, 19, 3, 35 | 32, 30, 40 | 32, 30, 40 | 30, 18 | 3, 27, 40 | 3, 27, 40 | 3, 27, 40 | 3, 27, 40 | 3, 27, 40 | 3, 27, 40 | 3, 27, 40 | 3, 27, 40 |
| 30 harmful factors acting on object | 22, 21, 27, 39 | 2, 22, 13, 24 | 17, 1, 39, 4 | 1, 18 | 22, 1, 33, 28 | 27, 2, 39, 35 | 22, 2, 37, 35 | 34, 39, 19, 27 | 21, 22, 13, 35 | 21, 22, 13, 35 | 22, 2, 37, 35 | 22, 1, 37, 35 | 35, 24, 30, 18 | 18, 35, 37, 1 | 22, 15, 40, 33 | 17, 1, 33, 28 | 22, 33, 35, 2 | 1, 19, 32, 13 | 1, 19, 32, 13 | 1, 24, 6, 27 | 10, 2, 22, 37 |
| 31 harmful side effects of the object | 19, 22, 15, 39 | 35, 22, 17, 15, 1, 39 | 17, 15, 16, 22 | - | 17, 2, 18, 39 | 22, 1, 40 | 17, 2, 40 | 30, 18, 3, 23 | 35, 1, 4, 27 | 35, 1, 4, 27 | 35, 1, 4, 27 | 35, 1, 4, 27 | 35, 1, 4, 27 | 35, 1, 4, 27 | 35, 1, 4, 27 | 35, 1, 4, 27 | 35, 1, 4, 27 | 35, 1, 4, 27 | 35, 1, 4, 27 | 35, 1, 4, 27 | 35, 1, 4, 27 |
| 32 manufacturability | 28, 29, 15, 16 | 1, 27, 36, 13 | 1, 29, 13, 17 | 15, 17, 27 | 13, 1, 26, 12 | 13, 1, 26, 12 | 1, 40 | 35, 13, 8, 1 | 35, 13, 8, 1 | 35, 12, 4, 37 | 35, 12, 4, 37 | 1, 28, 1, 3 | 11, 13, 1, 3 | 27, 1, 4, 35, 16 | 27, 1, 4, 35, 16 | 27, 1, 4, 35, 16 | 27, 1, 4, 35, 16 | 27, 1, 4, 35, 16 | 27, 1, 4, 35, 16 | 27, 1, 4, 35, 16 | 27, 1, 4, 35, 16 |
| 33 operation convenience | 25, 2, 13, 15 | 6, 13, 1, 25 | 1, 17, 13, 12 | - | 1, 17, 13, 12 | 1, 17, 13, 12 | 1, 17, 13, 12 | 4, 18, 18, 13 | 18, 13, 3, 23 | 18, 13, 3, 23 | 18, 13, 3, 23 | 18, 13, 3, 23 | 18, 13, 3, 23 | 18, 13, 3, 23 | 18, 13, 3, 23 | 18, 13, 3, 23 | 18, 13, 3, 23 | 18, 13, 3, 23 | 18, 13, 3, 23 | 18, 13, 3, 23 | 18, 13, 3, 23 |
| 34 repairability | 2, 27, 35, 11 | 2, 27, 35, 11 | 2, 28, 31, 32 | 3, 18, 31, 32 | 15, 13, 31, 32 | 25, 2, 35, 11 | 1 | 34, 9 | 1, 11, 10 | 1, 11, 10 | 1, 13, 2, 4 | 1, 13, 2, 4 | 2, 30, 11, 1 | 11, 29, 2, 9 | 11, 29, 2, 9 | 11, 29, 2, 9 | 11, 29, 2, 9 | 11, 29, 2, 9 | 11, 29, 2, 9 | 11, 29, 2, 9 | 11, 29, 2, 9 |
| 35 adaptability | 1, 6, 15, 8 | 19, 15, 29, 16 | 35, 1, 16 | 1, 35, 16 | 35, 30, 29, 7 | 15, 16 | 15, 35, 29 | 35, 10, 14 | 35, 10, 14 | 15, 17, 20 | 35, 16 | 15, 37, 1, 8 | 35, 30, 1, 8 | 35, 3, 35 | 13, 1, 32, 6 | 2, 16 | 27, 2, 3, 5 | 8, 22, 3, 5 | 19, 35, 26, 1 | 19, 35, 26, 1 | 19, 35, 26, 1 |
| 36 complexity of device | 26, 30, 34, 36 | 2, 26, 35, 39 | 1, 19, 26, 24 | 26 | 14, 1, 13, 16 | 6, 36 | 34, 26, 6 | 1, 16 | 34, 10, 26 | 26, 16 | 19, 1, 35 | 29, 13, 28 | 2, 22, 17, 19 | 2, 13, 28 | 10, 4, 28, 15 | - | 2, 17 | | | | |

Partie 2/2 (Matrice d'Altshuller)

↓ Paramètres Utiles/Caractéristiques à améliorer/Caractéristiques qui s'améliorent
 → Paramètres Néfastes/Résultat Non Désiré/Caractéristiques qui se dégrade

| | | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
|----|---|----------------|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------|----------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------|
| | | power | waste of energy | waste of substance | loss of information | waste of time | amount of substance | reliability | accuracy of measurement | manufacturing precision | harmful factors acting on object | harmful side effects of the object | manufacturability | operation convenience | repairability | adaptability | complexity of device | complexity of control | level of automation | productivity |
| 1 | weight of mobile object | 12, 36, 18, 31 | 6, 2, 34, 19 | 5, 35, 3, 31 | 10, 24, 35 | 10, 35, 20, 28 | 3, 26, 18, 31 | 1, 3, 11, 27 | 28, 27, 35, 26 | 28, 35, 26, 18 | 22, 21, 18, 27 | 22, 35, 31, 39 | 27, 28, 1, 36 | 35, 3, 2, 24 | 2, 27, 28, 11 | 29, 5, 15, 8 | 26, 30, 26, 32 | 28, 29, 26, 32 | 26, 35, 18, 19 | 35, 3, 24, 37 |
| 2 | weight of stationary object | 15, 19, 18, 15 | 18, 19, 28, 15 | 5, 8, 13, 30 | 10, 15, 35 | 10, 20, 35, 26 | 19, 6, 18, 26 | 8, 3, 28 | 10, 28, 28 | 10, 1, 35, 17 | 22, 37, 1, 39 | 35, 22, 1, 39 | 28, 1, 9 | 6, 13, 1, 32 | 2, 27, 28, 11 | 19, 15, 29 | 1, 10, 26, 39 | 2, 26, 35 | 2, 26, 1, 28, 35 | |
| 3 | length of mobile object | 1, 35 | 7, 2, 35, 39 | 4, 29, 23, 10 | 1, 24, 29 | 15, 2, 29, 35 | 29, 40 | 10, 14, 29, 40 | 28, 32, 4 | 10, 28, 29, 37 | 1, 15, 17, 24 | 17, 15 | 1, 29, 17 | 15, 29, 35, 4 | 1, 28, 10 | 14, 15, 1, 19, 1, 16 | 26, 24, 26, 16 | 17, 24, 26, 16 | 14, 4, 28, 29 | |
| 4 | length of stationary object | 12, 8 | 6, 28 | 10, 14, 24, 35 | 30, 26, 14 | 29, 30, 29, 14 | 29, 9, 28 | 26, 28, 3 | 2, 32, 3 | 2, 32, 10 | 22, 33, 28, 1 | 17, 2, 18, 39 | 13, 1, 26, 24 | 15, 17, 13, 16 | 15, 13, 10, 1 | 15, 30, 16 | 14, 1, 13 | 2, 36, 26, 18 | 14, 30, 28, 23 | 10, 26, 34, 2 |
| 5 | area of mobile object | 19, 10, 32, 18 | 15, 17, 30, 26 | 10, 14, 2, 39 | 30, 26, 26, 4 | 29, 30, 6, 13 | 29, 9, 28 | 26, 28, 32, 3 | 2, 29, 2, 29 | 2, 32, 18, 36 | 22, 33, 28, 1 | 17, 2, 22, 1, 40 | 40, 16, 16, 4 | 13, 1, 13, 16 | 15, 13, 10, 1 | 15, 30, 16 | 14, 1, 13 | 2, 36, 26, 18 | 14, 30, 28, 23 | 10, 26, 34, 2 |
| 6 | area of stationary object | 17, 32 | 17, 7, 30, 18, 39 | 10, 14, 18, 39 | 30, 16, 4, 18 | 10, 35, 4, 18 | 2, 18, 40, 4 | 32, 35, 32, 3 | 2, 29, 2, 29 | 2, 29, 2, 29 | 27, 2, 22, 1, 40 | 22, 1, 39, 35 | 40, 16, 16, 4 | 13, 1, 13, 16 | 15, 13, 10, 1 | 15, 30, 16 | 14, 1, 13 | 2, 36, 26, 18 | 14, 30, 28, 23 | 10, 26, 34, 2 |
| 7 | volume of mobile object | 35, 6, 13, 18 | 7, 15, 13, 16 | 36, 39, 34, 10 | 2, 22, 34, 10 | 2, 6, 34, 10 | 29, 30, 7 | 14, 1, 40, 11 | 26, 26, 28 | 25, 28, 2, 16 | 22, 21, 17, 2, 29 | 22, 21, 17, 2, 29 | 29, 1, 40 | 15, 13, 30, 12 | 10, 15, 29 | 26, 1 | 29, 26, 4 | 35, 34, 16, 24 | 35, 34, 10, 6 | |
| 8 | volume of stationary object | 30, 6 | 10, 39, 35, 34 | 10, 14, 35, 34 | 13, 26 | 10, 39, 32, 18 | 35, 3, 16 | 2, 35, 16 | 35, 10, 25 | 34, 39, 19, 27 | 30, 18, 35, 4 | 35 | 35 | 1 | 1, 31 | 2, 17, 26 | 2, 17, 26 | 35, 37, 10, 2 | | |
| 9 | velocity | 19, 35, 38, 2 | 14, 20, 19, 35 | 10, 13, 28, 38 | 13, 26 | 10, 13, 29, 38 | 10, 19, 29, 38 | 11, 35, 27, 28 | 28, 32, 1, 24 | 10, 28, 32, 25 | 1, 28, 2, 24 | 35, 13, 35, 21 | 32, 28, 8, 1 | 13, 12, 13, 12 | 34, 2, 28, 27 | 15, 10, 26 | 10, 28, 4, 34 | 3, 34, 27, 16 | 10, 18 | |
| 10 | force | 19, 35, 18, 37 | 14, 15 | 8, 35, 40, 5 | 10, 37, 36 | 10, 37, 36 | 14, 29, 18, 36 | 3, 35, 13, 21 | 35, 10, 23, 24 | 28, 29, 37, 36 | 1, 35, 13, 3 | 15, 37, 1, 28 | 18, 1, 18, 1 | 1, 28, 3, 25 | 15, 1, 18, 20 | 15, 17, 10, 18 | 26, 35, 39, 23 | 2, 35, 10, 19 | 2, 35, 37 | |
| 11 | tension/ pressure | 10, 35, 14 | 2, 36, 25 | 10, 36, 3, 37 | 37, 36, 4 | 10, 36, 37, 36 | 10, 14, 19, 35 | 6, 28, 19, 35 | 6, 28, 25 | 3, 35, 37 | 22, 2, 37 | 2, 33, 27, 18 | 1, 35, 16 | 11 | 2 | 35 | 19, 1, 35 | 2, 36, 37 | 35, 24 | |
| 12 | shape | 4, 6, 2 | 14 | 35, 29, 3, 5 | 14, 10, 34, 17 | 36, 22 | 10, 40, 16 | 10, 40, 16 | 28, 32, 1 | 32, 30 | 22, 1, 2, 35 | 35, 1 | 1, 32, 17, 28 | 32, 11, 26 | 2, 13, 1, 29 | 1, 15, 29 | 16, 29, 1, 28 | 15, 13, 39 | 15, 1, 32 | |
| 13 | stability of composition | 32, 35, 27, 31 | 14, 2, 39, 6 | 2, 14, 30, 40 | 35, 27 | 15, 32, 35 | 29, 10, 27 | 11, 3 | 3, 27, 16 | 18 | 35, 24, 30, 18 | 27, 39 | 35, 19 | 30 | 10, 16, 34, 2 | 2, 35, 35, 30 | 32, 35, 22, 26 | 2, 35, 39, 23 | 1, 8, 35 | |
| 14 | strength | 10, 26, 35, 28 | 35 | 35, 28, 31, 40 | 29, 3, 28, 10 | 29, 3, 28, 10 | 29, 10, 27 | 11, 3 | 3, 27, 16 | 3, 27, 16 | 18, 35, 37, 1 | 22, 2, 10, 32 | 25, 2 | 3 | 3, 32 | 2, 13, 25, 28 | 2, 13, 27, 3 | 15, 40 | 15 | |
| 15 | durability of mobile object | 19, 10, 35, 38 | | 10 | 20, 10, 28, 18 | 20, 10, 28, 18 | 3, 35, 10, 14 | 11, 2, 13 | 3 | 3, 27, 16 | 22, 15, 21, 39 | 33, 28, 16, 22 | 27, 1, 4 | 12, 27 | 29, 10, 27 | 1, 35, 13 | 29, 15 | 6, 10 | 35, 17, 19, 29 | |
| 16 | durability of stationary object | 16 | 21, 17, 35, 38 | 21, 36, 29, 31 | 35, 28, 21, 18 | 35, 28, 21, 18 | 3, 35, 34, 27, 10, 16 | 3, 35, 34, 27, 10, 16 | 10, 26, 31, 6, 40 | 17, 1, 40, 33 | 22 | 35, 10 | 1 | 1 | 2 | 2, 17, 16 | 25, 34, 6, 35 | 1 | 20, 10, 16, 38 | |
| 17 | temperature | 2, 14, 17, 25 | 21, 36, 29, 31 | 35, 28, 21, 18 | 35, 28, 21, 18 | 3, 17, 19, 35, 30, 39 | 3, 17, 19, 35, 30, 39 | 32, 19, 24 | 24 | 22, 33, 35, 2 | 22, 35, 2, 24 | 26, 27 | 26, 27 | 4, 10, 16 | 2, 18, 27 | 3, 27, 16 | 3, 27, 16 | 26, 2, 35, 31 | 15, 28, 19, 16 | |
| 18 | lumination | 32 | 13, 16, 1, 6 | 13, 1 | 1, 6 | 19, 1, 26, 17 | 1, 19 | 11, 15, 32 | 3, 32 | 15, 19 | 35, 19, 32, 39 | 19, 35, 28, 26 | 19, 35, 28, 26 | 15, 17, 13, 16 | 15, 1, 1, 19 | 6, 32, 13 | 32, 15 | 2, 26, 10, 13 | 2, 25, 16 | |
| 19 | energy consumption of mobile object | 6, 19, 37, 18 | 12, 22, 15, 24 | 35, 24, 18, 5 | 35, 38, 19, 18 | 34, 23, 16, 18 | 19, 21, 11, 27 | 3, 1, 32 | | 1, 35, 6, 27 | 2, 35, 6 | 28, 26, 30 | 19, 35 | 1, 15, 17, 28 | 15, 17, 13, 16 | 2, 29, 27, 28 | 35, 38 | 32, 2 | 12, 28, 35 | |
| 20 | energy consumption of stationary object | | 28, 27, 18, 31 | | 3, 35, 31, 23 | 10, 36, 31, 23 | | | | 10, 2, 22, 37 | 19, 22, 2, 35, 31, 2 | 26, 10 | 26, 10 | 35, 2, 34 | 19, 17 | | 19, 35, 16, 25 | | 1, 6 | |
| 21 | power | + | 10, 35, 38 | 28, 27, 18, 38 | 10, 19 | 35, 20, 10, 6 | 4, 34, 19, 24, 19 | 32, 15, 2 | 32, 2 | 19, 22, 31, 2 | 2, 35, 18 | 36, 10 | 26, 35, 10, 34 | 35, 2, 34 | 19, 17 | 20, 19, 30, 34 | 19, 35, 16, 17 | 28, 35, 17 | 28, 35, 34 | |
| 22 | waste of energy | 3, 38 | + | 35, 27, 2, 37 | 19, 10 | 10, 18, 32, 7 | 7, 18, 25 | 11, 10, 35 | 32 | 21, 22, 35, 2 | 21, 35, 2, 22 | 35, 32 | 35, 32 | 2, 19 | | 7, 23 | 35, 3, 15, 23 | 2 | 28, 10, 29, 35 | |
| 23 | waste of substance | 28, 27, 18, 38 | 35, 27, 2, 31 | + | 15, 18, 35, 10 | 6, 3, 10, 29 | 10, 29, 39, 35 | 16, 34, 31, 28 | 35, 10, 24, 31 | 35, 10, 30, 40 | 33, 22, 30, 40 | 10, 1, 34, 29 | 15, 34, 33 | 32, 28, 2, 24 | 2, 35, 34, 27 | 15, 10, 28, 24 | 35, 10, 35, 10 | 35, 18, 10, 13 | 28, 35, 10, 23 | |
| 24 | loss of information | 10, 19 | 19, 10 | + | 24, 26, 28, 32 | 24, 26, 28, 32 | 10, 28, 23 | | | 22, 10, 22 | 10, 21, 22 | 32 | 27, 22 | | | | 35, 33 | 35 | 13, 23, 15 | |
| 25 | waste of time | 35, 20, 10, 6 | 10, 5, 18, 32 | 35, 18, 10, 39 | 24, 26, 28, 32 | + | 35, 38, 18, 16 | 10, 30, 28, 32 | 24, 34, 28, 18 | 24, 26, 34 | 35, 18, 18, 39 | 35, 22, 34, 4 | 35, 28, 34, 4 | 4, 28, 10, 34 | 32, 1, 10 | 35, 28 | 6, 29 | 18, 28, 32, 10 | 24, 28, 35, 30 | |
| 26 | amount of substance | 35 | 7, 18, 25 | 6, 3, 10, 24 | 24, 28, 35 | 35, 38, 18, 16 | + | 18, 3, 28, 40 | 13, 2, 29, 31 | 33, 30 | 35, 33, 29, 31 | 3, 35, 40, 39 | 29, 1, 35, 27 | 35, 29, 25, 10 | 2, 32, 10, 25 | 15, 3, 27, 10 | 3, 13, 29, 18 | 3, 27, 29, 18 | 8, 35 | 13, 29, 3, 27 |
| 27 | reliability | 21, 11, 26, 31 | 10, 11, 35 | 10, 35, 29, 39 | 10, 28 | 10, 30, 4 | 21, 28, 40, 3 | + | 32, 3, 11, 23 | 11, 32, 2, 40 | 27, 35, 2, 40 | 35, 2, 40, 26 | 27, 17, 40 | 1, 11 | 13, 35, 8, 24 | 13, 35, 10, 34 | 27, 40, 32, 28 | 11, 13, 27 | 1, 35, 29, 38 | |
| 28 | accuracy of measurement | 3, 6, 32 | 26, 32, 27 | 10, 16, 31, 28 | 24, 34, 28, 32 | 2, 6, 32 | 5, 11, 1, 23 | + | 28, 24, 22, 26 | 3, 33, 39, 10 | 6, 35, 25, 18 | 1, 13, 17, 34 | 1, 13, 13, 11 | 1, 32, 13, 11 | 13, 35, 2 | 27, 35, 10, 34 | 26, 24, 32, 28 | 28, 2, 10, 34 | 28, 32 | |
| 29 | manufacturing precision | 32, 2 | 13, 32, 2 | 35, 31, 10, 24 | 32, 26, 28, 18 | 32, 30 | 11, 32, 1 | | | 26, 28, 10, 36 | 4, 17, 34, 26 | | 1, 32, 35, 23 | 25, 10 | | 26, 2, 18 | | 26, 28, 18, 23 | 32, 39 | |
| 30 | harmful factors acting on object | 19, 22, 31, 2 | 21, 22, 35, 2 | 33, 22, 19, 40 | 22, 10, 21, 34 | 35, 18, 34 | 35, 33, 29, 31 | 27, 24, 2, 40 | 28, 33, 23, 26 | 26, 28, 10, 18 | + | | 24, 35, 2 | 2, 25, 28, 39 | 35, 10, 2 | 35, 11, 22, 31 | 22, 19, 29, 40 | 22, 19, 29, 40 | 33, 3, 13, 24 | |
| 31 | harmful side effects of the object | 2, 35, 18 | 21, 35, 2, 22 | 10, 1, 34 | 10, 21, 29 | 1, 22 | 3, 24, 39, 1 | 24, 2, 40, 39 | 3, 33, 26 | 4, 17, 34, 26 | + | | | | | 19, 1, 31 | 2, 21, 27, 1 | 22, 35, 18, 39 | | |
| 32 | manufacturability | 27, 1, 12, 24 | 19, 35 | 15, 34, 33 | 32, 24, 18, 16 | 35, 28, 34, 4 | 35, 23, 1, 24 | 1, 35, 12, 18 | | 1, 35, 12, 18 | 24, 2 | | + | 2, 5, 13, 16 | 35, 1, 11, 9 | 2, 13, 27, 26 | 6, 28, 11, 1 | 8, 28, 1 | 35, 1, 10, 28 | |
| 33 | operation convenience | 35, 34, 2, 10 | 2, 19, 13 | 28, 32, 2, 24 | 4, 10, 27, 22 | 4, 28, 10, 34 | 12, 35, 34, 4 | 17, 27, 8, 40 | 25, 13, 2, 34 | 1, 32, 35, 23 | 2, 25, 28, 39 | | 2, 5, 12 | + | 12, 26, 1, 32 | 15, 34, 1, 16 | 32, 26, 12, 17 | 1, 34, 12, 3 | 15, 1, 28 | |
| 34 | repairability | 15, 10, 32, 2 | 15, 1, 32, 19 | 2, 35, 34, 27 | 32, 1, 10, 25 | 2, 28, 10, 25 | 2, 28, 10, 25 | 1, 16 | 10, 2, 13 | 25, 10 | 35, 10, 2, 16 | | 1, 35, 11, 10 | 1, 12, 26, 15 | + | 7, 1, 4, 13 | 34, 35, 7, 13 | 1, 32, 10 | | |
| 35 | adaptability | 19, 1, 29 | 18, 15, 1 | 15, 10, 2, 13 | 35, 28 | 3, 35, 15, 8 | 3, 35, 15, 8 | 35, 5, 8, 24 | 35, 5, 1, 10 | 35, 11, 32, 31 | | | 1, 13, 31 | 1, 16, 7, 4 | 15, 34, 1, 16 | 15, 29, 37, 28 | 1 | 27, 34, 35, 6, 37 | 35, 28, 6, 37 | |
| 36 | complexity of device | 20, 19, 30, 34 | 10, 35, 13, 2 | 35, 10, 28, 29 | 6, 29 | 13, 3, 27, 10 | 13, 35, 1 | 2, 26, 10, 34 | 26, 24, 32 | 22, 19, 29, 40 | 19, 1 | | 27, 26, 1, 13 | 27, 9, 26, 24 | 1, 13 | 29, 15, 28, 37 | + | 15, 10, 37, 28 | 15, 1, 28 | |
| 37 | complexity of control | 18, 1, 16, 10 | 35, 3, 15, 19 | 1, 18, 10, 24 | 35, 33, 27, 22 | 18, 28, 32, 9 | 3, 27, 29, 18 | 27, 40, 28, 8 | 26, 24, 32, 28 | 28, 26, 32, 28 | 22, 19, 29, 28 | 2, 21 | 5, 28, 11, 29 | 2, 5 | 12, 26 | 1, 15 | 15, 10, 37, 28 | + | 34, 27, 24 | 35, 12, 28 |
| 38 | level of automation | 28, 2, 27 | 23, 28 | 35, 10, 18, 5 | 35, 33 | | | | | | | | | | | | | | | |

5.6.4 Effects

Source:

G. Altshuller – Lev Shulyak, Steven Rodman, *The Innovation Algorithm, TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity, Technical Innovation Center, 2000*)



| Required effect or property | Physical phenomenon that provides the required effect or property |
|-----------------------------|--|
| Measure temperature | Thermal expansion and its influence on the natural frequency of oscillations Thermoelectric phenomena Radiation spectrum Changes in optical, electrical and magnetic properties of substances Transition over the Curie point Hopkins, Barkhausen and Seebeck effects |
| Reducing temperature | Phase transitions Joule-Thomson effect Rank effect Magnetic calorie effect Thermoelectric phenomena |
| Increasing temperature | Electromagnetic induction Eddy current Surface effect Dielectric heating Electronic heating Electrical discharge Absorption of radiation by substances Thermoelectric phenomena |
| Temperature stabilization | Phase transitions, including transition over the Curie point |
| Object location | Introduction of makers; that is, substances that are able to transform existing fields (like luminophores) or generate their own fields (like ferromagnetic materials) and therefore are easy to detect Reflection and emission of light Photo effect Deformation Radioactive and X-ray radiation Luminescence Changes in electric or magnetic field Electrical discharge Doppler effect |
| Moving an object | Magnetic field applied to influence an object or magnet attached to the object Magnetic field applied to influence a conductor with direct current passing through it Electric field applied to influence an electrically charged object Pressure transfer in a liquid or gas Mechanical oscillations Centrifugal force Thermal expansion Pressure of light |

| | |
|---|---|
| Moving a liquid or gas | <ul style="list-style-type: none"> Capillary force Osmosis Toms effect Waves Bernoulli effect Weissenberg effect |
| Moving an aerosol (dust particles, smoke, mist, etc.) | <ul style="list-style-type: none"> Electrization Applied electric or magnetic field Pressure of light |
| Formation of mixtures | <ul style="list-style-type: none"> Ultrasonics Cavitation Diffusion Applied electric field Magnetic field applied in combination with magnetic material Electrophoresis Solubilization |
| Separating mixtures | <ul style="list-style-type: none"> Electric and magnetic separation Electric and magnetic field applied to change the pseudo viscosity of a liquid Centrifugal force Sorption Diffusion Osmosis |
| Stabilizing object position | <ul style="list-style-type: none"> Applied electric or magnetic field Holding a liquid by hardening through the influence of an electric or magnetic field Gyroscope effect Reactive force |
| Generating and/or manipulating force | <ul style="list-style-type: none"> Generating high pressure Applying a magnetic field through magnetic material Phase transition Thermal expansion Centrifugal force Changing hydrostatic forces by influencing the pseudoviscosity of an electroconductive or magnetic liquid in a magnetic field Use of explosives Electrohydraulic effect Optical hydraulic effect Osmosis |
| Changing friction | <ul style="list-style-type: none"> Johnson-Rabeck effect Radiation effect Abnormally low friction effect No-wear friction effect |
| Crashing objects | <ul style="list-style-type: none"> Electrical discharge Electrohydraulic effect Resonance Ultrasonics Cavitation Use of lasers |

| | |
|---|--|
| Accumulating mechanical and thermal energy | Elastic deformation Gyroscope Phase transitions |
| Transferring energy through mechanical, thermal, radiation, or electric deformation | Oscillations Alexandrov effect Waves, including shock waves Radiation Thermal conductivity Convection Light reflection Fiber optics Lasers Electromagnetic induction Superconductivity |
| Influencing moving object | Applied electric or magnetic fields, with no influence through physical contact |
| Measuring dimensions | Measuring the natural frequency of oscillations Applying and detecting magnetic or electric markers |
| Varying dimensions | Thermal expansion Deformation Magnetostriction Piezoelectric |
| Detecting surface properties and/or conditions | Electrical discharge Reflection of light Electronic emission Moiré effect Radiation |
| Varying surface properties | Friction Absorption Diffusion Bauschinger effect Electrical discharge Mechanical or acoustic oscillation Ultraviolet radiation |
| Detecting volume properties and/or conditions | Introduction of markers; that is, substances that are able to transform existing fields (like luminophores) or generate their own fields (like ferromagnetic materials), depending on the properties of a material Changing electric resistance, which depend on structure and/or property variations Interaction with light Electro- and/or magneto-optic phenomena Polarized light Radioactive and x-ray radiation Electronic paramagnetic or nuclear magnetic resonance Magneto-elastic effect Transition over the Curie point Hopkins and Barkhausen effect Ultrasonics Mössbauer effect Hall effect |

| | |
|--|--|
| Varying volume properties | <p>Electric or magnetic applied to vary the properties of a liquid (pseudoviscosity, fluidity)</p> <p>Influencing by magnetic field via introduced magnetic material</p> <p>Heating</p> <p>Phase transition</p> <p>Ionization by electric field</p> <p>Ultraviolet, X-ray or radioactive radiation</p> <p>Deformation</p> <p>Diffusion</p> <p>Electric or magnetic field</p> <p>Bauschinger effect</p> <p>Thermoelectric, thermomagnetic or magneto-optic effect</p> <p>Cavitation</p> <p>Photochromatic effect</p> <p>Internal photo effect</p> |
| Developing certain structures, structure stabilization | <p>Interference</p> <p>Standing waves</p> <p>Moiré effect</p> <p>Magnetic waves</p> <p>Phase transitions</p> <p>Mechanical and acoustic oscillation</p> <p>Cavitation</p> |
| Detecting electric and magnetic fields | <p>Osmosis</p> <p>Electrization</p> <p>Electrical discharge</p> <p>Piezo-and segneto-electrical effects</p> <p>Electrets</p> <p>Electronic emission</p> <p>Electro-optical phenomena</p> <p>Hopkins and Barkhausen effect</p> <p>Hall effect</p> <p>Nuclear magnetic resonance</p> <p>Gyromagnetic and magneto-optical phenomena</p> |
| Detecting radiation | <p>Optical acoustic effect</p> <p>Thermal expansion</p> <p>Photo effect</p> <p>Luminescence</p> <p>Photoplastic effect</p> |
| Generating electromagnetic radiation | <p>Josephson effect</p> <p>Induction of radiation</p> <p>Tunnel effect</p> <p>Luminescence</p> <p>Hann effect</p> <p>Cherenkov effect</p> |
| Controlling electromagnetic fields | <p>Use of screens</p> <p>Changing properties (for example, varying electrical conductivity)</p> <p>Changing objects shapes</p> |

| | |
|--|---|
| Controlling light, light modulation | Refraction and reflection of light Electro- and magneto-optical phenomena Photo elasticity Kerr and faraday effects Hann effect Franz-Keldysh effect |
| Initiating and intensification of chemical reactions | Ultrasonics Cavitation Ultraviolet, X-ray and radioactive radiation Electric discharge Shock waves |

5.6.5 Substance-and-Field Resources

Source:

G. Altshuller – Lev Shulyak, Steven Rodman, The Innovation Algorithm, TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity, Technical Innovation Center, 2000)



Substance Resources

- Waste
- Raw materials and products
- System elements
- Inexpensive substance
- Substance flow
- Substance properties

Field Resources

- Energy in the system
- Energy from the environment
- Build upon possible energy platforms
- System waste becomes system energy

Space Resources

- Empty space
- Another dimension
- Vertical arrangement
- Nesting

Time Resources

- Pre-work
- Scheduling
- Parallel operations
- Post work

Informational Resources

- Sent by substance
- Inherent properties
- Moving information
- Transient information
- Change of state information

Functional Resources

- Resources space within primary function
- Using harmful effects
- Using secondary generated functions



5.6.6 Glossary: Contradictions / Effects / Resources

Contradiction

One of the main TRIZ postulates and a decisive factor of an inventive task.

In general, opposed requirements to one and the same object.

Contradictions are divided into Administrative, Technical and Physical Contradictions.

Administrative Contradiction:

We speak about administrative contradiction when it is necessary to do something, but we do not know how to do it.

(contradiction between the needs and abilities)

Technical Contradiction:

We speak about a technical contradiction when we improve one part (or one parameter) of the technical system with the help of known methods, but that entails the worsening of other part (or the other parameter) of the technical system.

This contradiction is a conflict between characteristics within a system: improvement of one parameter of the system leads to worsening of another parameter

(an inverse dependence between parameters/characteristics of a machine or technology)

Physical Contradiction:

We speak about a physical contradiction when we impose mutually opposed requirements to the same parameter on one and the same part of the system.

(opposite/contradictory physical requirements to an object)

Inventive Principles / 40 Principles:

Altshuller identified 40 Principles that could be used to eliminate technical contradictions.

Separation Principles:

For overcoming a physical contradiction, there are four “physical” principles and a database of physical phenomenon and effects.

Contradiction Matrix / Altshuller Matrix

Developed by G. Altshuller.

The matrix suggests Inventive Principles to solve contradictions arising while trying to improve a feature or a characteristic of any product, process or system.

Technical Parameters / Characteristics

Altshuller also identified 39 parameters or characteristics of technical systems that can be used to develop and describe a technical contradiction. With these parameters we can use the Contradiction Matrix.

5.6.7 References - Contradictions / Effects / Resources



- Altshuller G.S., Creativity as an exact science, (translated by Anthony Williams)
- Savransky Semyon, Engineering of Creativity, 2000
- Terninko J., Zusman A., Zlotin B., Systematic Innovation, an Introduction to TRIZ, 1998
- Mann Darrell, Hands on Systematic Innovation, 2002
- Valery Krasnoslobodtsev, TRIZ Lessons, www.triz.org/index.htm
- Larry K. Ball, TRIZ Journal 2004/01, Supplement to Breakthrough Thinking with TRIZ 2nd Edition
- Adunka R., TRIZ Lecture (Presentation slides), 2008
- Tomasi F., Mann D., et.al., SUPPORT Training Materials, 2005
- Dubois S., Rasovska I., De Guio R., Comparison of non solvable problem solving principles issued from CSP and TRIZ, in Computered Aided Innovation, 2008
- Vikentiev I. L., Yefremov V. I.: "Index of Geometric Effects", first published in the collection "Rules of a Game Without Rules", Petrozavodsk, Karelia, 1989, ISBN 5-7545-0108-0 (in Russian).
- Zusman A., Zlotin B., TRIZ Tutorial, Homepage Ideation International Inc.

